
**ANÁLISE PÓS-OCUPAÇÃO
DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL
EM BRASÍLIA
ASPECTOS DO CONFORTO
TÉRMICO**



**Mestrado em Arquitetura e URBANISMO
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEZEMBRO DE 1999**

ELIETE DE PINHO ARAÚJO



**ANÁLISE PÓS-OCUPAÇÃO DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL EM BRASÍLIA -
ASPECTOS DO CONFORTO TÉRMICO**

Eliete de Pinho Araujo

Brasília, 07 de dezembro de 1999

Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano, área de concentração em Tecnologia, apresentada pela Arquiteta *Eliete de Pinho Araujo*, em 1999, ao Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília - UnB.

Orientador:

Prof. Dr. Márcio Villas Boas, Ph.D

Banca Examinadora constituída pelos Professores:

Prof. Dra. Marta Adriana Bustos Romero

Prof. Dra. Virgínia Maria Dantas de Araújo

Prof. Dr. Frederico de Holanda (Suplente)

Para Rodrigo, Bernardo e Gabriel

Para Lauro (in memoriam), Nilza, Eliane, Flávia e Antonio.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Márcio Villas Boas, de modo especial, pela coordenação da pesquisa, pela criteriosa orientação deste trabalho e pela paciência.

Ao Professor Márcio Villas Boas pelos equipamentos de medições.

Ao Professor Jayme Gonçalves Almeida pela ajuda temporária no projeto.

Ao INMET pelos dados meteorológicos fornecidos.

À Sistel - Sistemas de Telefonia pelo espaço e à Mark-Building pelas informações.

Ao arquiteto Sérgio Teperman pelas informações de projeto.

À Arquiteta Daniela Diniz Rodrigues pela ajuda nas informações e na informatização e pela amizade.

Ao Rodrigo Pinho Rodrigues pela ajuda na informatização.

Ao Leandro Fontes Azevedo pela confecção dos gráficos.

Ao Eng. George Raulino pelas informações sobre conforto térmico.

À Roberta Reis pela colaboração na tradução.

À Carla Willeman pela colaboração na informatização.

Aos amigos e colegas do mestrado Daniela, Rosângela, Wolney, Ademaro, Eliani, e Sérgio pelo agradável convívio.

À Professora , Mestra e amiga Sely Costa pelo incentivo.

Aos professores da Pós-Graduação da FAU - UNB pelo apoio na realização da pesquisa.

Aos membros da banca examinadora.

RESUMO

Este trabalho apresenta estudo sobre avaliação de desempenho de edifício comercial de escritórios em Brasília, um estudo de caso, em que se utilizaram gerenciamento automatizado em suas instalações e serviços, fachadas em vidro refletivo e escritório com postos de trabalho. Essa tipologia de prédio visa a produtividade, o conforto e a satisfação dos usuários quanto à qualidade do ambiente interno.

O conforto térmico foi analisado em ambientes climatizados artificialmente, por meio de medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar, com aparelhos TINY-TAG e por meio da aplicação dos métodos e técnicas da Avaliação Pós-Ocupação (APO), considerando as relações entre a Arquitetura, os usuários e os sistemas de automação instalados.

Os dados relativos à temperatura do ar e umidade relativa do ar foram levantados em abril, maio, junho, agosto e setembro de 1998 e comparados com os dados do INMET e com os dados do programa de automação do prédio METASYS. Nesse período foram encontradas diferenças de 7,3°C na temperatura do ar e 25% na umidade relativa nos ambientes com ar condicionado, mostrando a necessidade de se rever este tipo de edificação.

Nas conclusões são apresentadas sugestões para melhoria do conforto térmico e luminoso e para redução do consumo energético em edifícios que utilizam ar condicionado e fachadas de vidro.

ABSTRACT

This research paper is a performance evaluation of a commercial office building in Brasília, a case study, which uses automatic management in its installations and services, external glazed walls with reflective glass, and office with landscape floor plans. The building typology aims to accomplish productivity along with comfort and user's satisfaction regarding environmental quality.

The indoor thermal comfort is analysed in air conditioned environments through air temperature and relative air humidity measurements with TINY-TAG equipments and through Post-Occupancy Evaluation (POE) technique, taking into account the relationship between the Architecture, the users and the automated programs.

Air temperature and relative air humidity data were collected in April, May, June, August and September of 1998 and compared with INMET data and with the automated system data of the building METASYS. It was found in this period 7,3°C of air temperature and 25% of relative humidity differences for the air conditioned indoor spaces, which urges this building type to be reviewed.

It is presented suggestions for thermal and lighting comfort improvement and energy reduction in air conditioned glazed wall building typology.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE QUADROS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XVI

Capítulo

I.	INTRODUÇÃO	01
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01
1.2	OBJETO DE ESTUDO	02
1.3	OBJETIVOS	05
1.4	HIPÓTESES	05
1.5	JUSTIFICATIVA	05
1.6	REFERENCIAL TEÓRICO	08
1.7	PROCEDIMENTOS DO ESTUDO	15
II.	CONFORTO TÉRMICO.....	17
2.1	CONCEITO DE CONFORTO TÉRMICO	17
2.2	CLIMA	19
2.2.1	Clima de Brasília	22
2.3	NORMAS E PADRÕES DE CONFORTO TÉRMICO	24
2.3.1	Estudo em ambiente natural	25
2.3.2	Estudo em ambiente artificial	27
2.4	ADEQUAÇÃO LOCAL DA ARQUITETURA PARA ATENDER ÀS EXIGÊNCIAS TÉRMICAS	29
2.4.1	Padrões de conforto térmico em ambientes naturais	31
2.4.2	Padrões de conforto térmico em ambientes artificiais	33
2.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRÉDIO OBJETO DE ESTUDO	34
2.5.1	Fatores positivos do uso do condicionamento térmico artificial	35
2.5.2	Fatores negativos do uso do condicionamento térmico artificial	35
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A VENTILAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL NO PRÉDIO	35

III.	CONFORTO LUMINOSO.....	36
3.1	PERCEPÇÃO HUMANA E FONTES DE LUZ NATURAL	36
3.1.1	Unidades fotométricas e conceitos	38
3.2	PADRÕES RELATIVOS AO CONFORTO LUMINOSO HUMANO: ORIENTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS ABERTURAS	39
3.2.1	Análise da iluminação natural no interior dos ambientes de trabalho, em salas profundas e distintas	40
3.2.2	Análise da iluminação artificial no interior dos ambientes de trabalho, em salas profundas e distintas	41
3.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRÉDIO OBJETO DE ESTUDO	42
3.3.1	Fatores positivos do uso da iluminação artificial no prédio	43
3.3.2	Fatores negativos do uso da iluminação artificial no prédio	43
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL NO PRÉDIO	43
IV.	CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO E DADOS DO PROJETO DE ARQUITETURA.....	45
4.1	CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO	45
4.2	DADOS DO PROJETO DE ARQUITETURA	46
4.2.1	Implantação	46
4.2.2	Pavimento Térreo	46
4.2.3	Subsolos	47
4.2.4	Cobertura	47
4.2.5	Acabamentos	47
4.2.6	Especificação dos materiais utilizados no projeto de Arquitetura	48
4.2.7	Especificação dos vidros utilizados no prédio objeto de estudo	49
4.2.7.1	Evolução na fabricação	49
4.2.7.2	Propriedades relativas ao comportamento dos vidros frente ao calor e à luz	52
4.2.8	Equipamentos de ar condicionado central e iluminação	54
4.2.8.1	Descrição do sistema de ar condicionado	54
4.2.8.2	Descrição do sistema de iluminação	58
4.2.8.3	Considerações sobre os dois sistemas de ar condicionado e iluminação	60

Apêndice	65
Equipe técnica dos projetos de Arquitetura e Instalações	
Materiais utilizados no Ed. General Alencastro	

V. PROCEDIMENTOS DO ESTUDO E RESULTADOS.....66

5.1	ESCOLHA DAS SALAS ANALISADAS	66
5.2	ESCOLHA DOS INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO	76
5.3	MEDIÇÕES E RESULTADOS	83
5.3.1	Medições	83
5.3.1.1	Medições da temperatura do ar e da umidade relativa do ar do dia 01/05/98 ao dia 08/05/98	83
5.3.1.2	Medições da temperatura do ar e da umidade relativa do ar do dia 13/05/98	84
5.3.1.3	Medição do dia 15/05/98.	84
5.3.1.4	Medição dos dias 20/06/98 a 26/06/98	87
5.3.1.5	Medição dos dias 26/08/98 e 27/08/98	88
5.3.1.6	Medições dos dias 15/09/98 a 18/09/98	88
5.3.2	Resultados	90
5.3.2.1	Resultados dos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar obtidos do dia 01/05/98 ao dia 08/05/98	90
5.3.2.2	Resultados dos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar obtidos no dia 13/05/98	98
5.3.2.3	Resultados dos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar obtidos dos dias 20/06/98 a 26/06/98	101
5.3.2.4	Resultados dos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar obtidos nos dias 26/08/98 e 27/08/98	110
5.3.2.5	Resultados dos dados da temperatura do ar obtidos dos dias 15/09/98 a 18/09/98	115
5.3.2.6	Resultados dos dados da umidade relativa do ar obtidos dos dias 15/09/98 a 18/09/98	122

5.4	AVALIAÇÃO PÓS- OCUPAÇÃO (APO) E RESULTADOS	136
5.4.1	Resultados dos dados da APO no dia 08/05/98	139
5.4.2	Resultados dos dados da APO no dia 13/05/98	144
5.4.3	Resultados dos dados da APO no dia 26/06/98	146
5.4.4	Resultados dos dados da APO no dia 27/08/98	151
5.4.5	Resultados dos questionários e das entrevistas	158
	5.4.5.1 Resumo dos problemas que atingem o usuário, verificados nos questionários	158
	5.4.5.2 Resultado das entrevistas	158
	Apêndice	160
	Questionários n.º s 1, 2 e 3	
	Exemplo do TINY-TAG	
	Exemplo do METASYS	
VI.	DISCUSSÃO DAS HIPÓTESES, CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA...	166
6.1	DISCUSSÃO DAS HIPÓTESES	166
6.2	CONCLUSÕES	167
6.3	RECOMENDAÇÕES PARA O ED. GENERAL ALENCASTRO	169
	6.3.1 Recomendações para futuros projetos	171
6.4	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	171
	REFERÊNCIAS	172

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
01.Dados climáticos de Brasília	23
02.Dados das propriedades dos vidros Antélio – vidro refletivo	53
03.Dados das propriedades dos vidros Laminex	54
04.Dados da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) no dia 05/03/98	80
05.Dados da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) nos dias 23/04/98 e 24/04/98	81
06.Dados da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) do dia 01/05/98 a 03/05/98	90
07.Dados da temperatura do ar (°C) nos dias 05, 06, 07 e 08/05/98 entre 7h 30min e 17h 30 min, estando o ar condicionado desligado	91
08.Dados da umidade relativa do ar (%) nas 4 salas entre 7h 30 min e 17h 30 min, estando o ar condicionado ligado	92
09.Dados da temperatura do ar (°C) interna no dia 13/05/98	98
10.Dados da umidade relativa do ar (%) interna no dia 13/05/98	99
11.Dados da temperatura do ar (°C) dos dias 22/6/98 a 25/06/98	101
12.Dados da umidade relativa do ar (%) dos dias 22/06/98 a 25/06/98	102
13.Dados da temperatura do ar externa (°C) no dia 26/08/98	108
14.Dados da umidade relativa do ar (%) externa no dia 26/08/98	108
15.Dados da temperatura do ar (°C) externa no dia 26/08/98	110
16.Dados da umidade relativa do ar (%) no dia 26/08/98	110
17.Dados da temperatura do ar (°C) interna no dia 27/08/98	113
18.Dados da umidade relativa do ar (%) interna no dia 27/08/98	113
19.Resumo dos dados da temperatura do ar (°C) nos 5 ambientes, nos meses de maio, junho e agosto entre 7h 30min e 18h, estando o ar condicionado ligado	115
20.Dados da temperatura do ar (° C), na sala 1, nos meses de maio e junho, sábado e domingo, estando o ar condicionado desligado	116

21. Resumo dos dados da umidade relativa do ar (%) nos 5 ambientes, nos meses de maio, junho e agosto entre 7h 30 min e 18h, estando o ar condicionado ligado	116
22. Dados da umidade relativa do ar (%) na sala 1, nos meses de maio, junho e agosto, sábado e domingo, estando o ar condicionado desligado	116
23. Dados da temperatura do ar (°C), na sala 1, no dia 15/09/98, estando o ar condicionado ligado	122
24. Dados da temperatura do ar (°C), na sala 1, nos dias 15/09/98 e 16/09/98, estando o ar condicionado desligado	124
25. Dados da temperatura do ar (°C), na sala 2, no dia 16/09/98, estando o ar condicionado ligado	126
26. Dados da temperatura do ar (°C), na sala 2, nos dias 16/09/98 e 17/09/98, estando o ar condicionado desligado	128
27. Dados da temperatura do ar (°C), na sala 3, no dia 17/09/98, estando o ar condicionado ligado	129
28. Dados da temperatura do ar (°C), na sala 3, nos dias 17/09/98 e 18/09/98, estando o ar condicionado desligado	131
29. Dados da temperatura do ar (°C), na sala 4, no dia 19/09/98, estando o ar condicionado desligado	133
30. Dados da temperatura do ar (°C), nos 4 ambientes, entre 7 h 30 min e 18h , do dia 15/09/98 ao dia 18/09/98, estando o ar condicionado ligado	134
31. Dados da umidade relativa do ar (%) nos 4 ambientes, entre 7h 30 min e 18h , do dia 15/09/98 ao dia 18/09/98, estando o ar condicionado ligado	135
32. Dados da umidade relativa do ar (%) na sala 4, no dia 19/09/98, estando o ar condicionado desligado	135
33. Dados da população masculina e feminina que trabalha no prédio, separada por pavimentos	138
34. Dados da população fixa do prédio, total de questionários aplicados e porcentagem da amostra em relação à população fixa	139
35. Dados da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) na sala 4, às 10h e às 15h, no dia 08/05/98	139

36.Dados da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) no Serviço Médico, às 9h 15min, no dia 13/05/98	145
37.Dados da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) nas salas, às 11h e às 15h, no dia 26/06/98	146
38.Número de pessoas que respondeu ao questionário n.º 3, aplicado do 1.º ao 4.º pavimentos, no dia 27/08/98.	151
39.Número de pessoas que respondeu ao questionário n.º 3, aplicado no térreo e no subsolo, no dia 27/08/98	152
40.Dados da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) nas salas, às 11h e às 16h, no dia 27/08/98	154
41.Número de pessoas que respondeu ao questionário n.º 3, aplicado nas salas de estudo, no 3.º e 4.º pavimentos, no dia 27/08/98	154

LISTA DE QUADROS

Quadros	Página
01.Horário nos 12 meses do ano em que o indivíduo à sombra, em Brasília normalmente vestido, tem suas condições de conforto térmico reduzidas, estando abaixo da linha de conforto	27
02.Características do Edifício General Alencastro	45
03.Especificação dos materiais utilizados nos pavimentos-tipo e no térreo do Edifício General Alencastro	48
04.Especificação dos materiais utilizados nos subsolos, na área externa e na cobertura do Edifício General Alencastro	49
05.Equipamentos e fornecedores do ar condicionado utilizados no Edifício General Alencastro	57
06.Países e Normas de restrição de consumo de energia em edificações	61
07.Consumo anual médio de energia em equipamentos de escritório	63
08.Respostas do questionário n.º1, na sala 1, no dia 08/05/98	140
09.Respostas do questionário n.º1, na sala 2, no dia 08/05/98	141
10.Respostas do questionário n.º1, na sala 3, no dia 08/05/98	142
11.Respostas do questionário n.º 1 na sala 4, no dia 08/05/98	143
12.Respostas do questionário n.º1, no Serviço Médico, no dia 13/05/98	145
13.Respostas do questionário n.º2, na sala 1, no dia 26/06/98	146
14.Respostas do questionário n.º2, na sala 2, no dia 26/06/98	147
15.Respostas do questionário n.º2, na sala 3, no dia 26/06/98	148
16.Respostas do questionário n.º2, sala 4, no dia 26/06/98	149

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
01.Foto do Edifício General Alencastro	2
02.Planta de situação no Plano Piloto	2
03.Planta de situação	2
04.Planta de locação e cobertura	3
05.Foto da fonte de água artificial	3
06.Planta baixa do pavimento - tipo	3
07.Gráfico Climatológico de Brasília – INMET	22
08.Foto do entorno do Edifício General Alencastro	44
09.Planta baixa do térreo	47
10.Planta baixa do 1.º subsolo	47
11.Planta baixa do 2.º subsolo	47
12.Corte AA	47
13.Fachadas Norte e Sul	47
14.Planta baixa do pavimento-tipo – projeto original	48
15.Corte AA – projeto original	48
16.Carta solar estereográfica – sala 1	67
17.Foto do ambiente interno da sala 1, fachada oeste, do Edifício General Alencastro	67
18.Foto do ambiente interno da sala 1, fachada oeste, do Edifício General Alencastro	68
19.Foto do Ambiente interno da sala 1, fachada oeste, do Edifício General Alencastro	68
20.Planta baixa do 4.º pavimento com lay-out das salas 1 e 2	69
21.Carta solar estereográfica – sala 2	69
22.Foto do ambiente interno da sala 2, fachada norte, do Edifício General Alencastro	69
23.Foto do ambiente interno da sala 2, fachada norte, do Edifício General Alencastro	70
24.Carta solar estereográfica – sala 3	70

25.Planta baixa do 3.º pavimento com lay-out das salas 3 e 4	70
26.Foto do ambiente interno da sala 3, fachada sul, do Edifício General Alencastro	71
27.Foto do ambiente interno da sala 3, fachada sul, do Edifício General Alencastro	71
28.Foto do ambiente interno da sala 3, fachada sul, do Edifício General Alencastro	72
29.Carta solar estereográfica – sala 4	72
30.Foto do ambiente interno da sala 4, fachada leste, do Edifício General Alencastro	73
31.Foto do ambiente interno da sala 4, fachada leste, do Edifício General Alencastro	73
32.Foto do ambiente interno da sala 4, fachada leste, do Edifício General Alencastro	74
33.Foto do ambiente interno do hall dos elevadores e escada do Edifício General Alencastro	74
34.Foto do ambiente interno do hall dos elevadores e escada do Edifício General Alencastro	75
35.Carta solar estereográfica – latitude 16° S	75
36.Foto do sensor Tiny-Tag Data Loggers no abrigo de proteção do INMET	76
37.Foto do sensor	76
38.Gráfico das medições de temperaturas do ar (° C) no dia 11/11/97 feitas com o TINY-TAG	78
39.Foto da localização do abrigo meteorológico no INMET	79
40.Foto do abrigo meteorológico no INMET	79
41.Foto do psicrômetro no interior do abrigo meteorológico do INMET	80
42.Gráfico da temperatura do ar/ hora nos dias 23/04/98 e 24/04/98	82
43.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora nos dias 23/04/98 e 24/04/98	82
44.Foto da fachada oeste do Edifício General Alencastro	85
45.Foto da fachada norte do Edifício General Alencastro	85
46.Foto da fachada sul do Edifício General Alencastro	86
47.Foto da fachada leste do Edifício General Alencastro	86
48.Localização dos sensores de temperatura do ar no pavimento-tipo	88

49.Gráfico de temperatura do ar/ hora do dia 05/05/98 – sala 1	93
50.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 05/05/98 – sala 1	93
51.Gráfico de temperatura do ar/ hora do dia 06/05/98 – sala 2	94
52.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 06/05/98 – sala 1	94
53.Gráfico de temperatura do ar/ hora do dia 07/05/98 – sala 3	95
54.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 07/05/98 – sala 3	95
55.Gráfico de temperatura do ar/ hora do dia 08/05/98 – sala 4	96
56.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 08/05/98 – sala 4	96
57.Gráfico de temperatura do ar/ hora do dia 22/06/98 – sala 1	103
58.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 22/06/98 – sala 1	103
59.Gráfico de temperatura do ar/ hora do dia 23/06/98 – sala 2	104
60.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 23/06/98 – sala 2	104
61.Gráfico de temperatura do ar/ hora do dia 24/06/98 – sala 3	105
62.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 24/06/98 – sala 3	105
63.Gráfico de temperatura do ar/ hora do dia 25/06/98 – sala 4	106
64.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 25/06/98 – sala 4	106
65. Gráfico de temperatura do ar externa nas 4 fachadas no dia 26/08/98 – medida com o TINY-TAG	111
66.Gráfico da umidade relativa do ar externa nas 4 fachadas no dia 26/08/98 – medida com o TINY-TAG	111
67.Gráfico de temperatura do ar/hora nos meses de maio, junho e agosto - sala 1	117
68.Gráfico de temperatura do ar/ hora nos meses de maio, junho e agosto - sala 2	117
69.Gráfico de temperatura do ar/ hora nos meses de maio, junho e agosto - sala 3	118
70.Gráfico de temperatura do ar/ hora nos meses de maio, junho e agosto - sala 4	118
71.Gráfico de temperatura do ar/ hora nos meses de maio, junho e agosto - hall	119
72.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora nos meses de maio, junho e agosto - sala 1	119
73.Gráfico da umidade relativa do ar/ hora nos meses de maio, junho e	120

agosto – sala 2

74.Gráfico de temperaturas do ar (°C) na sala 1, no dia 15 /09/98, estando com o ar condicionado ligado	123
75.Gráfico de temperaturas do ar (°C) na sala 1, nos dias 15/09/98 e 16/09/98, estando com ar condicionado desligado	125
76.Gráfico de temperaturas do ar (°C) na sala 2, no dia 16 /09/98, estando o ar condicionado desligado	127
77.Gráfico de temperaturas do ar (°C) na sala 2, no dia 16/09/98, estando o ar condicionado desligado	128
78.Gráfico de temperaturas do ar (°C) na sala 2, no dia 16/09/98, estando o ar condicionado ligado	130
79.Gráfico de temperaturas do ar (°C) na sala 3, nos dias 17/09/98 e 18/09/98, estando o ar condicionado ligado	131

LISTA DE ABREVIATURAS

ACEEE	American Council for a Energy Efficient Economy
A.S.H.R.A.E	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
CEPEL	Centro de Pesquisa em Energia Elétrica – Eletrobrás
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
CIENTEC	Fundação de Ciência e Tecnologia / Porto Alegre
IEE	Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo
INMETRO	Instituto Nacional
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNB	Universidade de Brasília
USP	Universidade de São Paulo

Ø	lúmen
I	intensidade luminosa
W	Watts
E	Iluminância ou iluminação
L	luminância
S	área

CAPÍTULO I

1. **INTRODUÇÃO**

1.1 **CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Uma edificação deve satisfazer a uma série de requisitos de desempenho para a ocupação, objetivando a satisfação dos usuários quanto às condições internas oferecidas.

A avaliação de desempenho é uma abordagem complexa, em que interagem diversos fatores. Consiste em prever o comportamento potencial do edifício, seus elementos e instalações, avaliando se tal comportamento satisfaz às exigências dos usuários: desempenho espacial (funcionalidade), desempenho térmico, desempenho visual (luminoso), desempenho acústico, desempenho quanto à qualidade do ar e desempenho quanto à integridade do edifício (estrutural e proteção quanto às intempéries). De fato, o desempenho térmico e o desempenho visual (luminoso) assumem um papel significativo, em virtude de estarem relacionados ao desempenho energético das edificações.

A avaliação do desempenho térmico de uma edificação consiste em verificar se o ambiente interno atende ou não às exigências do conforto térmico dos usuários. O melhor ou o pior atendimento a essas exigências caracteriza uma condição como sendo mais ou menos adequada termicamente.

1.2 OBJETO DE ESTUDO

Foi estudado o desempenho térmico e luminoso do prédio comercial General Alencastro (antigo Sistel), localizado na Asa Sul, que utiliza vidro refletivo nas suas fachadas, entre faixas de concreto aparente e sistema de ar condicionado central controlado automaticamente por sensores de temperatura do ar (ver figuras 1, 2 e 3).



Fig.1. Foto do edifício General Alencastro.

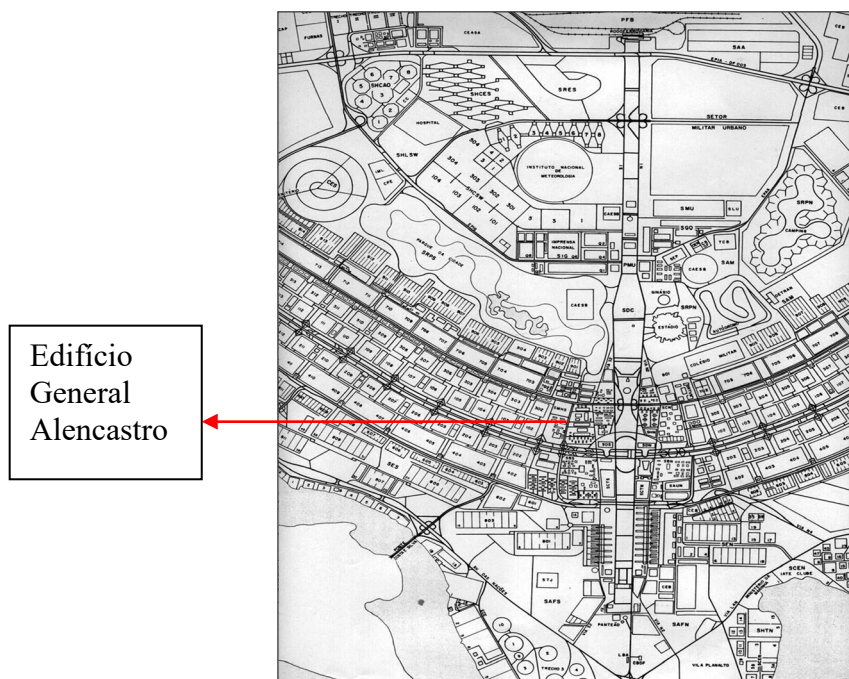
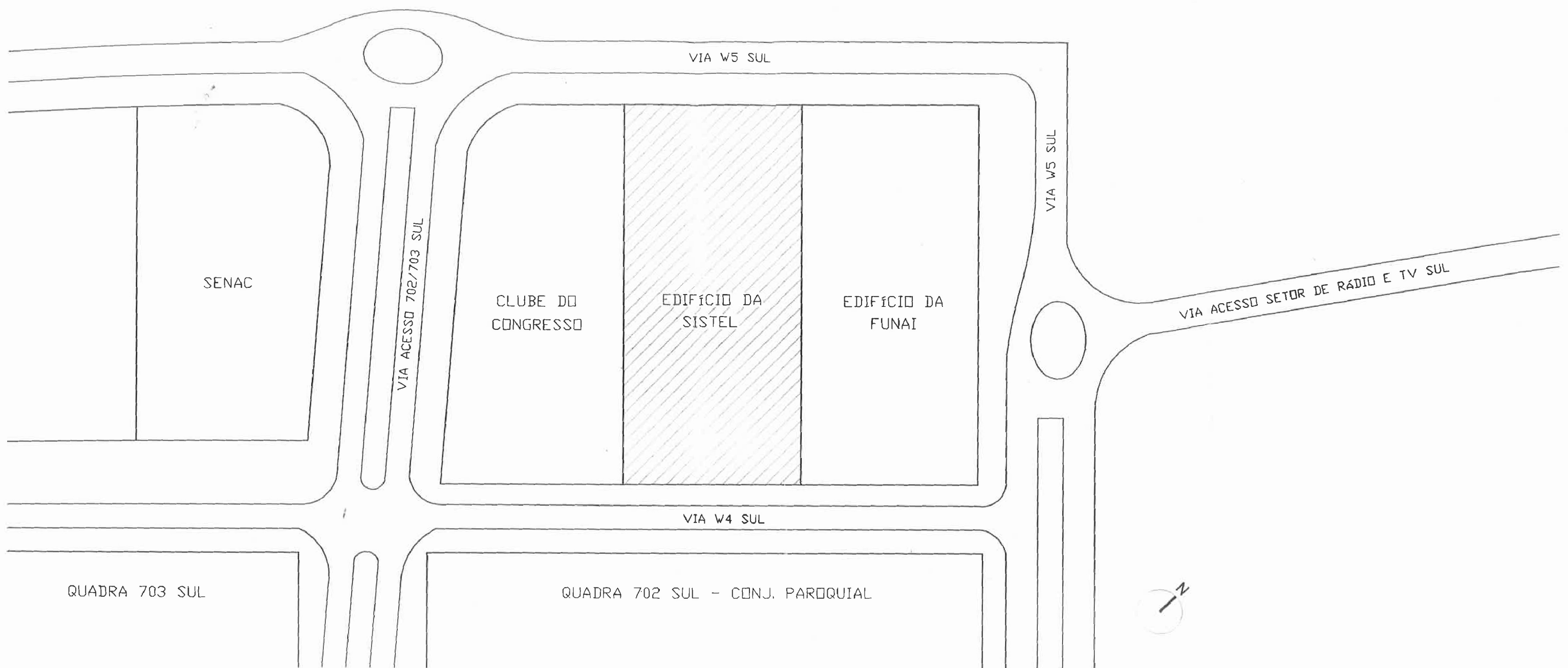


Fig.2. Planta de situação no Plano Piloto



ED. GENERAL ALENCASTRO
PLANTA DE SITUAÇÃO
FIGURA 3

Segundo os autores do projeto, a implantação oblíqua em relação ao terreno (45°) permite por mais tempo a luminosidade natural em seu interior (ver figura 4).

A planta baixa contém dois blocos iguais interligados pelo serviço de elevadores e escada. Os quatro pavimentos-tipo são andar corrido, com salas limitadas por divisórias baixas, a 1.60m, e algumas divisórias altas, até o teto, a 2.45m, almofadadas em tecido, de fabricação Escriba e L'Atelier, respectivamente. Do *hall* central, no térreo, pode-se ver a fonte artificial de água (ver figura 5) e a escada que dá acesso a todos os andares, com estrutura em aço pintado de vermelho.

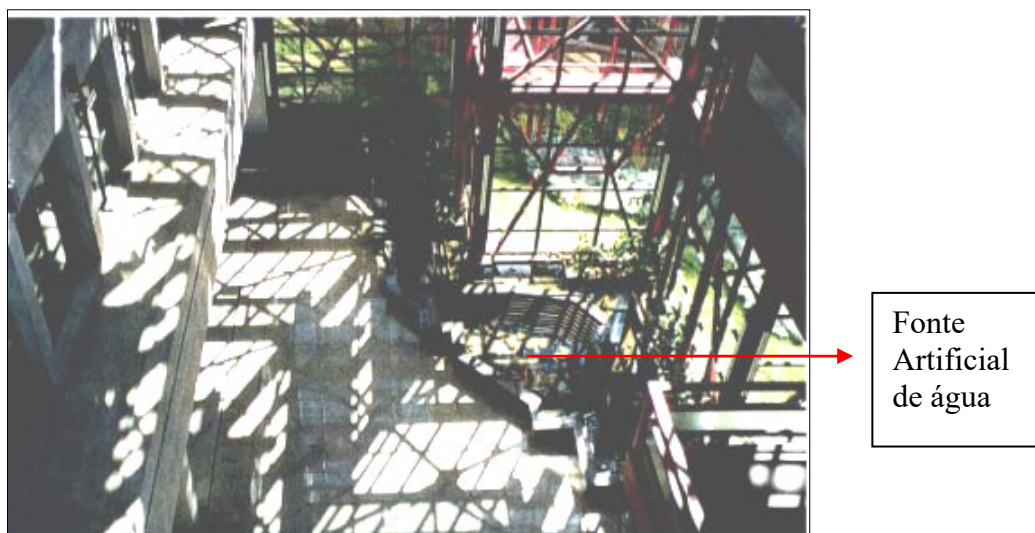


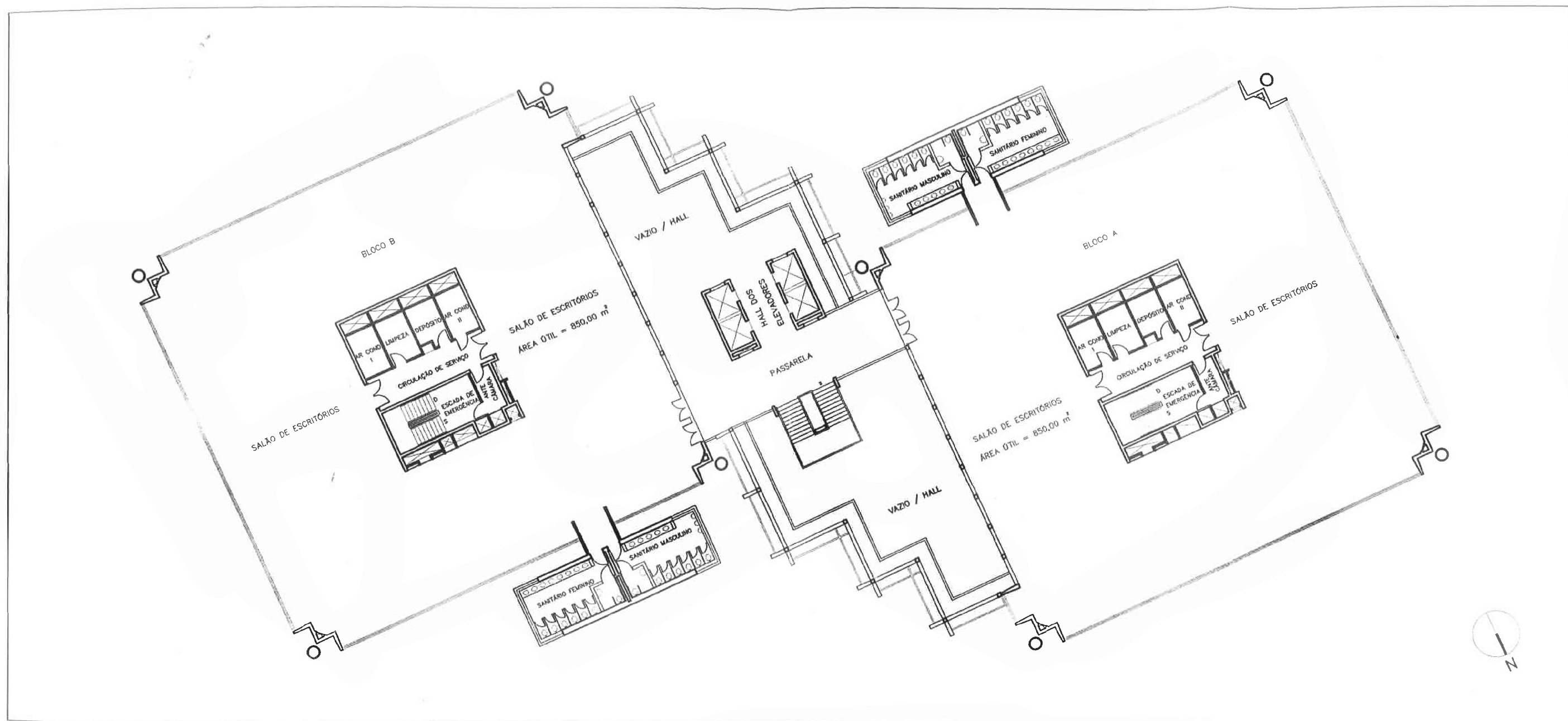
Fig.5. Foto da fonte de água artificial.

Cada bloco possui quatro pavimentos-tipo para atender aos postos de trabalho (escritórios), com área bruta de 9.283,24 m², além de possuir sanitários masculino e feminino, copa e depósito. São 964 m² de área útil carpetada, por pavimento, com modulação de 1,25 x 1,25m (ver figura 6).

No núcleo central de cada bloco situam-se a escada de emergência pressurizada, as 2 salas de “fan coils”, a copa completa e um depósito. Cada andar possui isolamento acústico, obtido por meio de jateamento de luxacustic na

VIA W 4 SUL 702 - LARGURA: 55.00m

DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120.00m



VIA W 5 SUL 702 - LARGURA: 55.00m

DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120.00m



ED. GENERAL ALENCASTRO
PROJETO ATUALIZADO
PAVIMENTO - TIPO
FIGURA 6

laje e o forro de alumínio é do tipo “luxalon”, sistema 125, com manta termoacústica de 15mm, ambos da Hunter Douglas. Os subsolos abrigam as vagas de garagem.

Os autores do projeto de arquitetura são Sérgio Teperman - Arquitetos Associados SC Ltda. Segundo eles, o conjunto foi projetado para atender a empresas que necessitem de instalações modernas, eficientes e com especificações técnicas de alto nível. A construção é da Hochtief do Brasil S/A.

Segundo seus autores, “...a arquitetura é discreta e agradável. Beleza, funcionalidade, racionalidade, segurança, conforto, localização, requinte e alto grau de informatização são sua marca, caracterizando-o como edifício inteligente”.

Diz-se *inteligente* o prédio que possui sistema de automação predial, onde são controlados, por sensores: o sistema de ar condicionado, que mantém todos os ambientes à mesma temperatura; o sistema de combate a incêndio, para proporcionar a segurança adequada; o sistema de controle das bombas hidráulicas, que mantém o abastecimento constante de água e o sistema de iluminação, que controla o nível de iluminação necessário.

O sistema de supervisão e controle automatizado do prédio comanda a iluminação setorizada. Todas as lâmpadas são do tipo fluorescente, não econômica, pois foram instaladas lâmpadas ultrapassadas, de 40 Watts. São ao todo 10.000 lâmpadas fluorescentes instaladas em luminárias do tipo embutir, com reator convencional para 2x40 W, também ultrapassado.

O controle automático também comanda o sistema de prevenção e combate a incêndio (extintores, hidrantes pressurizados, sprinklers, detectores de fumaça, escada de emergência pressurizada com ante-câmaras e porta corta-fogo), o abastecimento de água por meio das bombas hidráulicas e o sistema de ar condicionado central.

1.3 OBJETIVOS

1. Analisar o desempenho térmico da edificação em ambientes condicionados artificialmente e limitados por painéis de vidro refletivo;
2. Avaliar os resultados por meio da técnica da pós-ocupação quanto à qualidade do ambiente de trabalho;
3. Fornecer uma contribuição teórica para os projetos futuros de arquitetura nas fases de estudo preliminar e ante-projeto, visando conforto térmico e economia no consumo de energia.

1.4 HIPÓTESES

Para o estudo efetuado, assumiu-se que:

1. No prédio estudado as preocupações quanto ao desempenho térmico e luminoso da edificação quanto ao consumo de energia não foram objetivamente considerados na elaboração do projeto de arquitetura;
2. As variáveis formuladoras do projeto (variáveis de projeto/concepção, variáveis construtivas, variáveis de acabamento) interferem decisivamente no desempenho térmico e luminoso das edificações;
3. A avaliação pós-ocupação das condições de conforto térmico dos usuários em seus ambientes de trabalho pode contribuir para revisão do projeto e para a elaboração de futuros projetos de prédios comerciais.

1.5 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema e do objetivo de estudo deveu ao crescente aumento no Brasil de projetos de arquitetura de edifícios de escritórios, importados dos anos

70 e 80 de cidades européias, americanas, canadenses, que utilizam fachadas em cortina de vidro refletivo. Alguns prédios comerciais, deste tipo, como o Number One, o Central Park e o Corporate Financial Center, localizados no Setor Comercial Norte, como o Supremo Tribunal Federal e o Tribunal de Contas da União junto à Esplanada dos Ministérios, como o Ministério Público do Distrito Federal e Territórios, no Buriti e o General Alencastro, na Asa Sul, foram construídos em Brasília nestes dois últimos anos.

Tem-se observado em prédios com essas características a perda de controle individual das condições de conforto ambiental e a adoção de climatização artificial por automação centralizada. Os lay-outs dessas edificações buscam a satisfação e a produtividade dos usuários (espaços ergonômicos). O usuário é elemento fundamental. A interação entre o arquiteto, a construtora, o empreendedor, o investidor e o usuário final é a proposta atual deste tipo de edifício, chamado *inteligente*: produtividade mais satisfação do usuário mais necessidade empresarial. Segundo Ornstein (1997) este tipo de edificação

“... representa a terceira geração dos postos de trabalho, fazendo parte o gerenciamento predial automatizado, o condicionamento térmico e luminoso centralizado e o atendimento à mudança de lay-out por parte das instalações”.

No entanto, o que se tem verificado é que as condições de conforto térmico em edifícios comerciais não têm sido satisfatórias, conforme Ornstein (1997) e como se pode observar no Edifício General Alencastro em Brasília.

Críticas negativas vêm sendo feitas por engenheiros, arquitetos e profissionais estudiosos da área de conforto térmico, quanto à utilização do material “vidro refletivo” em fachadas de uma edificação, no clima quente tropical. Existem alguns estudos concluídos e publicados no Brasil que ressaltam pontos negativos e positivos sobre sua aplicação e incluem a avaliação pós-ocupação de edifícios de escritórios. Ornstein (1997) cita dissertações de mestrado na área da APO que foram objeto de estudo: Amaral (1995), Reinghantz (1995) e Leite (1997). Pesquisas sobre o mesmo tema, a APO em edifícios de escritórios, foram

realizadas nos Estados Unidos, Canadá, Inglaterra e Nova Zelândia. Ornstein (*op. cit*) realizou pesquisa em um prédio comercial, com as mesmas características, localizado em São Paulo. Em Brasília não há pesquisas do tipo e este será um trabalho pioneiro.

Concessionárias de energia elétrica vêm chamando a atenção sobre o alto consumo de energia nesses prédios, principalmente pela potência elevada do sistema de ar condicionado em constante funcionamento.

A partir da Revolução Industrial muitos projetistas vêm utilizando intensamente o vidro nas fachadas dos prédios e, hoje em dia, muitos estão sendo construídos ou reformados utilizando-se o vidro, do tipo refletivo, em todas ou em partes das fachadas. Sabemos que um prédio com este material é bastante comum em países de clima frio e temperado, com exigência de controle ambiental completamente diferente nas regiões tropicais. A utilização do vidro refletivo nas fachadas de um prédio situado em Brasília, cujo clima é quente tropical [segundo Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew e Szokolay (1977) “clima tropical de altitude”], parece ser uma das prováveis causas do aumento do consumo de energia e dos desconfortos térmico e luminoso do usuário do prédio. A pesquisa procura discutir, baseada em estudo de caso, este tipo de prédio de escritórios, que representa a fase de transição vivida pelas regiões metropolitanas: fachada em vidro refletivo, climatização artificial, gerenciamento predial por automação centralizada, espaços internos ergonômicos, buscando a satisfação e a produtividade dos usuários.

Por meio de levantamento de dados e impressões colhidas, verificou-se no projeto das edificações comerciais com fachada externa em vidro refletivo, que existe uma posição discursiva no sentido de se preocupar com as questões térmicas e luminosas. Provavelmente, devido à quantidade de condicionantes envolvidos num projeto, como a ausência de conhecimentos, informações de dados adequadas e ferramentas de projeto, imposição do cliente, entre outras.

Nestas impressões colhidas também verificou-se que o usuário do prédio gostaria de ter a opção de utilizar a ventilação natural em dias de clima agradável,

segundo ele, simplesmente abrindo a janela, descansando seus ouvidos do barulho intermitente do funcionamento de ar condicionado e usufruindo de um estado natural, eliminando o artificial que o acompanha, tanto na iluminação quanto na ventilação.

A pesquisa poderá fornecer dados precisos para a reflexão dos empreendedores e dos arquitetos quanto à qualidade deste tipo de prédio, produto de grandes mudanças que os edifícios de escritórios vêm sofrendo. Arquitetos e outros profissionais envolvidos nos projetos de escritórios considerados de última geração são influenciados pela globalização da arquitetura, pela alta tecnologia importada, pelos modelos internacionais adaptados ao clima local. Suas condutas têm sido orientadas mais e mais para o desenho interior, determinada pelas corporadoras multinacionais.

A análise do prédio e sua importância na vizinhança é considerada somente como uma estética ou questão de marketing.

O projeto visando o conforto ambiental está em segundo plano, vencido pela estética (pele de vidro, área útil por usuário) sem considerar a relação entre conforto ambiental e comportamento humano.

1.6 REFERENCIAL TEÓRICO

Brantley (1995) diz que o vidro refletivo (coated glass) é a melhor opção para o conforto térmico interior porque diminui a quantidade de calor que passa do exterior para o interior, porém, tem pouco efeito na transmissão da luz visível.

Compagno (1996) trata das propriedades do vidro, tipos e formas. Dedicou um capítulo do seu livro ao vidro refletivo e outro às fachadas que utilizam este vidro, apresentando ilustrações com diversos tipos, cores e espessuras. Analisa os mesmos quanto à incidência direta do sol nas fachadas, à passagem do calor exterior para o interior e à visibilidade do usuário. Diz que a vantagem de um prédio possuir todas as fachadas com pele de vidro é a energia ganha da radiação solar na forma de calor interno, principalmente na estação fria e a vista

interna do usuário para o exterior. Diz ainda que, em locais de clima quente (como Brasília, por exemplo), a pele de vidro não é vantajosa porque não há possibilidade de se abrir as janelas para aproveitar a ventilação natural por causa do sistema de ar condicionado central instalado.

Tuluca (1997) trata da eficiência energética como estratégia principal, focalizando as envolventes do prédio comercial e as técnicas para redução de energia. Menciona a eficiência energética e o baixo consumo de energia como pontos de interesse humano, que devem ser pensados e aplicados, tanto no projeto quanto na construção. Diz que a envolvente do prédio e os sistemas de ar condicionado e de iluminação adequados, com controle automatizado, podem contribuir muito para a redução de energia elétrica. O propósito do livro é encorajar a aplicação desses pontos, por parte dos profissionais, na luta para a redução do consumo de energia. Assim como Tuluca, Givoni (1969) mostra como a envoltura dos edifícios modifica os efeitos diretos das variáveis climáticas.

Tuluca (*op. cit.*) enfoca o vidro como material de construção aplicado, que pode proporcionar maior conforto ambiental (permitindo a penetração da luz do dia para o ambiente interno) e menor consumo de energia elétrica usada (reduzindo o calor interno com a aplicação de filme no vidro e instalando brises externos nas janelas). Mostra que o controle da radiação solar e da redução do calor interno podem ser obtidos pelas seguintes ações: se for previsto espaço de ar entre panos de vidro na janela, a condução de ar vai ser retardada e se forem instalados múltiplos vidros com filme, haverá redução de ganho de calor interno. Apresenta os princípios de redução de ganho de calor (condução, convecção e radiação).

Tuluca (*op. cit.*) trata ainda dos equipamentos de iluminação artificial e de ar condicionado, propondo controle dos diversos setores do prédio por meio de automação e princípios da eficiência energética. Sugere o uso de lâmpadas fluorescentes eficientes, com potência reduzida e dos reatores eletrônicos, que devem ser instalados nos prédios novos e usados, pois proporcionam consumo mais baixo e têm maior durabilidade. Sugere também o controle automatizado dos sistemas de iluminação e de ar condicionado, com instalação de sensor em cada

setor no prédio para que o ambiente tenha a iluminação e a temperatura do ar necessárias àquele setor. Cada setor vai exigir um grau de temperatura do ar e uma quantidade de iluminamento necessários ao conforto, que vai depender de sua locação no prédio.

Lamberts (1996) discute a eficiência energética em edificação comercial. Refere-se aos aparelhos e equipamentos de melhor eficiência, como por exemplo, as lâmpadas fluorescentes econômicas (que não é o caso das instaladas no prédio objeto de estudo), os reatores eletrônicos e as luminárias refletivas.

Lamberts (*op. cit.*) cita Janda e Busch (1994) como pesquisadoras de 57 países sobre “legislações e normas pertinentes às restrições de consumo de energia em edificação”. Janda e Busch concluíram que são 11 países que possuem normas e 37 que possuem leis de restrição de consumo de energia em edificações e como atuam. O Brasil e mais 10 países não possuem normas e nem leis.

Lamberts (*op. cit.*) cita ainda pesquisas realizadas no Brasil e no exterior por alguns fabricantes (Blindex Vidros de Segurança Ltda. e Santa Marina) sobre os diversos tipos de vidro e as eficiências energéticas de cada um e, em especial, o vidro refletivo. Nestas pesquisas o vidro refletivo é apresentado pelos fabricantes como o que mais contribui para a redução de ganho de calor interno.

São as seguintes as ações necessárias para o planejamento energético e para a eficiência energética em edificações novas e existentes propostas por Lamberts (*op. cit.*):

Ações sobre o consumo energético:

- Ações para planejamento energético:
 - . formação de um banco de dados de consumos específicos de edificações por classe de uso e tipologia;
 - . simulações de edificações típicas para várias classes de uso e regiões climáticas;

- . nova pesquisa de posse e hábitos de utilização para um melhor entendimento do consumo por eletrodomésticos e equipamentos de escritório.
- Ações para eficiência energética em novas edificações:
 - . desenvolvimento da normalização (envelope e equipamentos);
 - . demonstrações de edificações de alta eficiência energética através da parceria com construtoras nas principais capitais (criação de uma linha de crédito);
 - . escritórios de apoio a arquitetos interessados em otimização energética de seus projetos junto à escolas de arquitetura, engenharia e concessionárias.
- Ações para eficiência energética em edificações existentes:
 - . demonstrações de retrofits de edificações buscando alta eficiência energética. Buscar apoiar retrofits gerais que envolvam iluminação, a envolvente do prédio e o ar condicionado. O uso de uma metodologia padronizada, a monitoração pós retrofit para comprovar as economias e a ampla divulgação dos resultados são considerados fundamentais;
 - . reativação das CICE's (Comissão Interna de Conservação de Energia) no setor público e incentivo à criação das mesmas no setor privado.

Ornstein (1997) e Leite (1997) usam a técnica de avaliação pós-ocupação (APO) do desempenho de edifícios de escritórios sob o ponto de vista do conforto ambiental relacionado com o comportamento humano. Foram estudados 4 diferentes prédios, sendo dois de última geração, com gerenciamento automatizado em suas instalações, principalmente o controle da temperatura do ar condicionado, fachadas em cortina de vidro refletivo, postos de trabalho limitados por divisórias e piso em carpete. A pesquisa foi feita em duas etapas. Na primeira foi aferido o nível de satisfação dos usuários com aplicação de questionários, realização de entrevistas, observações físicas e elaboração de documentação fotográfica. Na segunda etapa foi feita avaliação técnica com

aparelhos de medições de temperatura e umidade relativa do ar e foram realizadas entrevistas com técnicos, supervisores de manutenção e especialistas na área abordada. Foram ainda analisados os projetos de arquitetura, instalações complementares e de ar condicionado e feitos relatórios de operação do sistema de automação necessários à análise qualitativa e quantitativa. No diagnóstico apresentado, baseado no cruzamento dos dados coletados nas duas etapas, foi considerado como principal problema o desempenho do ar condicionado, pois a temperatura e a umidade relativa do ar não traduzem a realidade, uma vez que os sensores estavam localizados acima do forro. As necessidades identificadas foram: mais privacidade e possibilidade de personalização dos postos de trabalho, aumento da área de armazenamento (armários), revisão geral de lay-outs dos pavimentos-tipo e do dimensionamento dos sanitários e estudos qualitativos de todas as áreas, de forma a possibilitar o acesso por portadores de deficiência física. Foi concluído que:

- a) a APO é um instrumento adequado para incorporar diretrizes de projetos de arquitetura e engenharia, visando produtividade, mais satisfação dos usuários;
- b) a APO fornece dados das relações entre o ambiente construído e o comportamento humano para arquitetos e engenheiros, construtores e incorporadores, em função da base de dados científicos para desenvolvimento de planos diretores de curto, médio e longo prazos no decorrer da vida útil dos ambientes;
- c) o tipo de edificação proporciona flexibilidade de lay-out e capacidade de adaptação às novas tecnologias (tanto nas instalações quanto no mobiliário), pois possui piso elevado e forro rebaixado modulados, modulação do mobiliário e das divisórias e espaço para ampliação de cabeaço,
- d) há necessidade de transferir para o usuário individualmente o controle das condições de conforto ambiental (aumentando ou diminuindo a circulação de ar, dependendo de que seu organismo precisa), associando ao estudo da qualidade do ar e ao consumo energético.

Mascaró (1986) trata das estratégias para minimizar o consumo de energia. Diz que o clima tem-se mostrado, desde a antigüidade, como um dos elementos-

chave no projeto e na construção da habitação do homem e que um edifício, projetado para o clima no qual está inserido, pode-se tornar confortável, além de poupar energia.

Mascaró (*op. cit.*) descreve elementos importantes como a presença da cor branca nas superfícies externas de um edifício climatizado artificialmente para a redução do calor que entra no edifício e discute a metodologia de projeto, que deve basear-se na exclusão da radiação solar direta dos ambientes internos e na minimização da radiação solar direta e difusa das fachadas e cobertura do edifício. Para a minimização sugere os elementos decorativos como persianas e venezianas, que podem fechar-se quase totalmente e abrir-se segundo as circunstâncias, pois possuem a vantagem não só de controlar a entrada do ar quente nas horas críticas, mas também de permitir um mínimo de ventilação (indispensável nos climas quente - úmido) e de iluminação nesse período do dia.

Mascaró (*op. cit.*) relembra que até poucos anos atrás a luz natural foi um meio econômico de iluminar edifícios. No entanto, o desenvolvimento da iluminação artificial barata, como lâmpadas fluorescentes, por exemplo, levantou dúvidas sobre a necessidade real da iluminação natural e que utilizamos a iluminação natural durante o dia e a artificial à noite (teoricamente) mas, na maior parte dos casos, os edifícios e as instalações de iluminação são projetados como se ambos fossem usados separadamente. As janelas estão sendo projetadas (em poucos casos) para transmitir luz diurna, mas são utilizadas, principalmente, para haver integração com o mundo exterior durante o dia e para se mostrar a iluminação artificial à noite.

Para otimizar o consumo de energia, a solução é controlar a ventilação dos locais através do dia e do ano, para que, fornecendo padrões de habitabilidade adequados, otimizem os consumos de energia. Mascaró (*op. cit.*) acha que esse tema é importante nos dias de hoje porque a iluminação suplementar é uma realidade presente na quase totalidade dos edifícios. Não se consegue um nível de iluminamento satisfatório somente com a iluminação natural, pois nas partes mais profundas de um ambiente relativamente grande será necessário o apoio da

iluminação artificial. Hoje, o que acontece são situações com enormes superfícies envidraçadas que permitem ganhos de radiação solar inconvenientes ao desempenho termo - luminoso dos locais e obrigam ao uso permanente de cortinas que tiram a iluminação e ventilação naturais dos locais, forçando o uso do condicionamento artificial do edifício.

Mascaró (*op. cit.*) crê que o Brasil não precisa gastar com consumo de energia desnecessário, pois tem um sol abundante que deve ser aproveitado. Mascaró (1986); McHarg *in* Romero (1988); Compagno (1996) têm preocupações semelhantes pois consideram os recursos naturais como orientadores do planejamento.

Romero (1988) atenta para a “crise do petróleo de 1973” que motivou o aparecimento de trabalhos que juntam a preocupação pela economia de energia convencional às preocupações pela incorporação dos fatores ambientais ao desenho. Trata do equilíbrio térmico entre o homem e o meio discutindo as variáveis climáticas que precisam ser controladas nas regiões de clima quente-seco (insolação elevada, diferenças acentuadas de temperatura entre o dia e a noite, umidade relativa do ar baixa e ventos carregados de pó e areia) e quente-úmido (intensa radiação solar, altas taxas de umidade do ar associadas à temperatura elevada e grandes índices de precipitação), caso de Brasília. Diz que para cada região climática existem princípios de desenho que favorecem o conforto e o desempenho dos espaços construídos. Os princípios podem ser contraditórios, porém a forma e o desempenho das edificações são fundamentais, uma vez que o traçado não pode suprir todas as exigências climáticas da região. Com a finalidade de corrigir, atenuar ou mudar certas variáveis do clima, afirma que podem ser utilizados no projeto da edificação vegetação, água, anteparos, revestimentos, cores e materiais diversos, contudo, são as características do meio as que prevalecem.

Autores como Villas Boas, e Olgyay *in* Romero (1988), tratam do desenho urbano mostrando a importância da inserção do edifício nas cidades, buscando tirar proveito das condições climáticas para obtenção da qualidade do ar, do nível de iluminação natural e do conforto térmico, de forma a resultar no menor consumo de energia no caso de edifícios climatizados artificialmente.

1.7 PROCEDIMENTOS DO ESTUDO

A dissertação está desenvolvida em seis capítulos.

O capítulo 1 é a introdução onde são apresentados o objeto de estudo, os objetivos do trabalho, as hipóteses, a justificativa, o referencial teórico e os procedimentos do estudo.

O capítulo 2 trata da revisão da literatura sobre o conforto térmico: a revisão da literatura sobre conforto térmico abrangendo a conceituação, o clima, as normas e padrões do conforto térmico em ambientes naturais e artificiais e a adequação da edificação em estudo para atender às exigências térmicas dos usuários de Brasília.

O capítulo 3 trata da revisão da literatura sobre o conforto luminoso: a revisão da literatura sobre a percepção humana e as fontes de luz natural, os padrões de exigência das necessidades humanas relativos ao conforto luminoso e as considerações sobre a iluminação natural e artificial no prédio objeto de estudo.

O capítulo 4 apresenta as características do Edifício General Alencastro e os dados do Projeto de Arquitetura e complementares de instalações, que incluem os materiais de acabamento utilizados, as cotas de implantação do prédio, a orientação solar, o número de pavimentos e o entorno. Os materiais são os empregados no piso, parede, teto e os elementos decorativos.

Será revisada a literatura sobre vidro e especificado o vidro, como material de construção, utilizado nas fachadas do prédio.

Serão descritos os sistemas de ar condicionado central e de iluminação instalados no prédio e analisados esses dois sistemas quanto ao desempenho dos ambientes de trabalho e sua relação com o consumo de energia.

No capítulo 5 são apresentados os procedimentos de estudo e os resultados. Os procedimentos são a escolha das salas analisadas, a escolha dos instrumentos para medição da temperatura e da umidade relativa do ar, interna e externa, a aplicação da técnica de avaliação pós-ocupação (APO) com os resultados e as medições da temperatura e da umidade relativa do ar, interna e externa, com os resultados.

A insolação e a precipitação serão colhidas por meio dos dados meteorológicos registrados no INMET (Instituto de Meteorologia) nas diversas datas de medição. Serão apresentados quadros de medições e gráficos das temperaturas registradas (em °C) e da umidade relativa do ar (em %). Estes quadros e gráficos também serão comparados com os registrados pelo sistema de automação utilizado no prédio que é o programa “METASYS”.

A técnica de avaliação pós-ocupação (APO) foi feita com a aplicação de 3 questionários aos usuários do prédio, principalmente para os que trabalham nas 4 salas selecionadas, a respeito do conforto térmico, luminoso e visual. Também foram realizadas entrevistas no Setor Médico e na sala de operação do sistema de automação.

O capítulo 6 trata da discussão das hipóteses, das conclusões, das recomendações e das limitações da pesquisa.

Conforto Térmico

Capítulo II

CAPÍTULO II

2. **CONFORTO TÉRMICO**

Segue-se a revisão da literatura sobre conforto térmico, abrangendo a conceituação, o clima, as normas e padrões do conforto térmico em ambientes naturais e artificiais e a adequação da edificação em estudo para atender às exigências térmicas dos usuários de Brasília.

2.1 **CONCEITO DE CONFORTO TÉRMICO**

Conforto térmico dentro de um espaço é a condição em que a maior quantidade de pessoas está satisfeita, não preferindo outro ambiente, nem mais quente ou nem mais frio. Assim, com o organismo satisfeito a mente do indivíduo expressa satisfação com o ambiente térmico.

As condições de conforto térmico dependem da atividade desenvolvida pelo indivíduo, da sua vestimenta, do sexo, da idade, da raça, dos hábitos alimentares e, principalmente, dos seguintes elementos climáticos: temperatura do ar, umidade do ar, radiação e movimento do ar, que produzem efeitos térmicos sobre as pessoas.

Para compreender a interação dos elementos climáticos com o organismo humano é necessário examinar o processo térmico do corpo humano, como a fisiologia humana e o meio ambiente.

O homem tem três exigências fundamentais para que seu desenvolvimento seja normal: a disponibilidade de alimentos, a segurança diante da possível agressão de outros indivíduos e a adequação do seu organismo ao meio envolvente (condições precisas de temperatura, umidade, pressão, luminosidade,

nível sonoro, salinidade, acidez, conteúdo de oxigênio, anidrido carbônico e nitrogênio).

O organismo humano necessita manter sua temperatura interna em 37°C, valor que pode variar entre os limites de sobrevivência que vão de 36,1°C a 37,2°C. O organismo produz energia interna pelo processo do metabolismo através das reações químicas internas, sendo a mais importante a combinação do carbono, introduzido no organismo pelo alimento, com o oxigênio, extraído do ar pela respiração. Esta energia adquirida pelo organismo é transformada em potencial de trabalho, cerca de 20%, e 80% se transforma em calor, que vai ser dissipado para que o organismo seja mantido em equilíbrio.

O aparelho termo-regulador do corpo comanda a redução ou o aumento das perdas de calor pelo organismo por meio de alguns mecanismos de controle. Na reação ao frio, a redução de trocas térmicas entre o indivíduo e o ambiente se faz por meio do aumento de resistência térmica da pele e, na reação ao calor, há o aumento das perdas de calor para o ambiente.

Ao se efetuar um trabalho mecânico, os músculos se contraem produzindo calor. Os corpos mais quentes perdem calor e os mais frios ganham calor e este calor envolvido é chamado calor sensível. O mecanismo de troca térmica entre o ambiente e o corpo é denominado troca seca, que se processa por meio da condução, da convecção e da radiação. Quando o homem perde calor por evaporação, a troca é denominada úmida e o calor envolvido é chamado calor latente.

Segundo Frota & Schiffer (1988), ...”as atividades que o homem realiza em um determinado ambiente produzem alterações na composição do ar que o envolve. O meio interno é contaminado de diversas maneiras durante o uso normal do espaço. A simples atividade biológica do homem produz consumo de oxigênio e desprendimento de anidrido carbônico, exigindo, pois, a renovação do oxigênio. As pessoas expelem odores que exercem influência nociva sobre a saúde e estima-se que a ventilação necessária para a eliminação destes odores é

maior do que a requerida para renovar o oxigênio e diminuir o conteúdo de gás carbônico”.

A renovação do ar interno de uma edificação, seja por meio da ventilação natural, seja por meio dos processos de condicionamento do ar, é de fundamental importância para a manutenção da qualidade do ar do ambiente.

2.2 CLIMA

Clima é o conjunto de elementos meteorológicos que caracterizam a atmosfera de um lugar geográfico, resultante de diversos fatores geomorfológicos e espaciais (sol, latitude, altitude, ventos, massas de terra e água, topografia, vegetação, solo). Sua caracterização é definida por seus elementos (temperatura do ar, umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações), tornando-se importante para a compreensão dos princípios de conforto térmico e do que deve ser controlado no ambiente a fim de se obter conforto térmico.

Dentre as variáveis climáticas que caracterizam uma região, as que mais interferem no desempenho térmico dos espaços construídos são a oscilação diária e anual da temperatura e dos índices médios da umidade relativa do ar, da quantidade de radiação solar incidente, do grau de nebulosidade do céu, da predominância do tempo e sentido dos ventos e dos índices pluviométricos.

A temperatura do ar é resultante de um balanço energético, ou seja, da energia solar incidente e da capacidade de absorção, acumulação e transmissão da superfície receptora, que determinam a troca de calor por condução, por convecção e por radiação e as perdas por evaporação. Com o resultado deste balanço energético a temperatura do ar começa a se elevar a partir do nascer-do-sol, chegando a um máximo que ocorre por volta do início da tarde como consequência do calor armazenado na Terra. A partir do pôr-do-sol o balanço é negativo, quando a Terra passa a perder calor para a atmosfera.

A umidade relativa do ar é a relação, em porcentagem, entre a quantidade de vapor d'água contida no ar e a quantidade de vapor d'água que o ar pode conter, a uma determinada temperatura

A umidade contida na atmosfera é resultante da evaporação das águas e da transpiração vegetal e dos processos antropogênicos de produção de vapor.

Radiação solar é uma energia eletromagnética, de onda curta, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera. Pode ser direta e difusa: radiação solar direta é aquela proveniente do Sol; radiação solar difusa é aquela proveniente da abóbada celeste e difundida pelas nuvens e pela massa de água da atmosfera, bem como pelas impurezas do ar nas camadas baixas da atmosfera.

Nebulosidade é o recobrimento do céu pelas nuvens. Pode dificultar a dissipação do calor desprendido do solo à noite na atmosfera. Chama-se céu claro, sem nuvens e céu médio, com nebulosidade média (Frota & Schiffer, 1988).

Vento é o movimento do ar na atmosfera. A determinante principal das direções e características do vento é a distribuição sazonal das pressões atmosféricas. Pressão atmosférica é a ação exercida pela massa de ar que existe sobre as superfícies. A variação das pressões atmosféricas pode ser explicada pelo aquecimento e esfriamento das terras e mares, pelo gradiente de temperatura no globo e pelo movimento de rotação da Terra. O movimento de rotação da Terra provoca a força desviadora das direções dos ventos.

As correntes de ar sofrem influência da topografia e das diferenças de temperaturas, causadas pelos diversos revestimentos do solo e da vegetação. Os dados dos serviços meteorológicos da direção e da velocidade do vento são importantes como guia na elaboração do projeto e na solução de muitos problemas da edificação, porém, às vezes, no espaço urbano, os edifícios os modificam totalmente. Na elaboração do projeto deve-se aproveitar as vantagens do vento e defender-se dos efeitos desfavoráveis.

Precipitação atmosférica é uma massa de ar úmido em ascensão esfriada rapidamente por contato com massas de ar frias. São representadas como orvalho, geada e chuvas.

As variáveis climáticas apresentam valores diferentes devido à influência dos fatores climáticos que são:

- circulação atmosférica
- distribuição de terras e mares ou continentalidade
- relevo do solo: topografia
- revestimento do solo
- latitude
- altitude
- movimento aparente do sol (movimentos de rotação e translação)

O movimento aparente do Sol em torno da Terra define dois movimentos típicos, em consequência do ângulo de aproximadamente $23,5^\circ$ formado pelo eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica (plano de translação da Terra ao redor do Sol):

- Equinócio, quando o plano de percurso do Sol passa pelo equador terrestre, o Sol nasce a leste e se põe a oeste e o dia tem exatamente 12 horas (21 de março e 23 de setembro);
- Solstício, quando o plano de percurso do Sol passa pelos trópicos, sendo que em 21/22 de junho passa pelo Trópico de Câncer (hemisfério norte) e em 22 de dezembro, pelo Trópico de Capricórnio (hemisfério sul).

O movimento aparente do Sol em Brasília pode ser verificado na carta solar estereográfica apresentada na figura 35. Nela pode-se observar que o Sol, no hemisfério sul “cai” para o norte.

2.2.1 CLIMA DE BRASÍLIA

Brasília está situada no Planalto Central Brasileiro, com latitude de 15° 52', longitude de 47° 56' e altitude entre 1000 e 1061 metros.

O clima de Brasília tem sido caracterizado na literatura como clima tropical de altitude, com dois períodos distintos: quente e seco, com temperatura média de 19°C e quente e úmido, com temperatura média de 22° C. As amplitudes diárias de temperatura são elevadas, podendo atingir mais de 16° C, principalmente no período seco. A radiação solar direta é alta, também principalmente no período seco.

Os dados climáticos de Brasília estão indicados na tabela 1 e figura 7.

Gráficos Climatológicos
Normais climatológicas do período 1961-1990 – Fonte INMET
(<http://www.inmet.gov.br>)

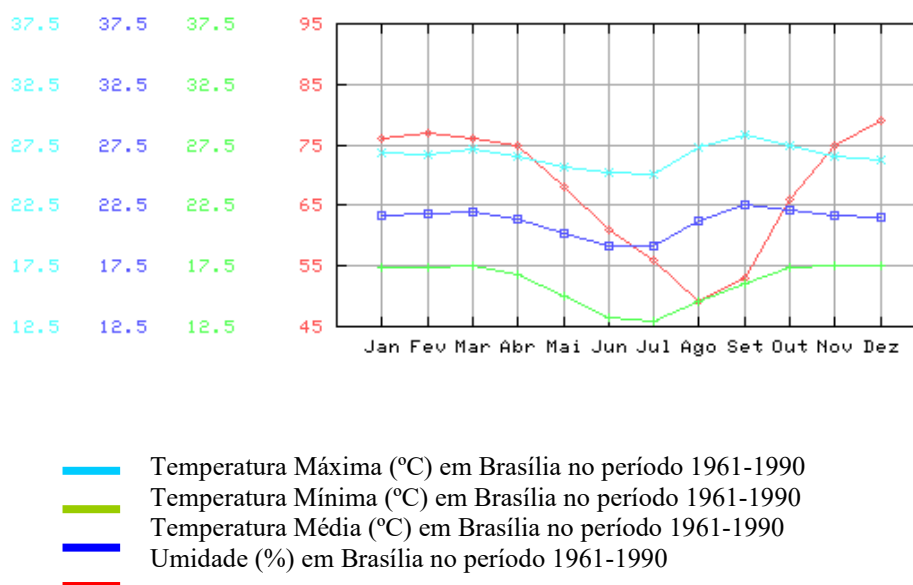


Fig. 7 Gráfico Climatológico de Brasília - INMET

O Ministério da Aeronáutica caracteriza Brasília como planalto ondulante, com latitude 15° 52', longitude 47° 56' e altitude 1061m.

Tabela 1
Dados climáticos de Brasília

	Dezembro	Setembro	Junho
Média aritmética mensal da temperatura	21,5	22,8	18,1
Média mensal das temperaturas máx. diárias	26,6	30,0	25,2
Média mensal das temperaturas mín. diárias	17,7	15,8	11,4
Média mensal das temperaturas máximas observadas no mês	30,7	33,0	27,7
Média mensal das temperaturas mínimas observadas no mês	15,4	12,3	8,4
Média aritmética mensal da umidade relativa (%).	77	48	65
Total mensal da precipitação	242,1	37,9	2,8

Fonte: Ministério da Aeronáutica (1961 a 1965).

Os dados do INMET & EMBRAPA *in* Inventário Hidrogeológico do DF (1986), para Brasília, indicaram:

- a temperatura do ar máxima anual de 26,9° C, a média mínima anual de 16,2° C e a média anual de 21,4° C;
- a média anual do total mensal de precipitação, durante 19 anos, de 1967 a 1986, foi de 1561,4 mm;
- a insolação média anual foi de 6,5 horas por dia;
- a predominância dos ventos, na estação da chuva, foi do quadrante N (com variação NW e NE) e no período da seca, foi de direção L, com maior incidência nesta orientação no mês de julho;
- a umidade relativa média foi de 68%;
- a menor evaporação foi de 49,1 mm, ocorrida em fevereiro de 86.

2.3 NORMAS E PADRÕES DE CONFORTO TÉRMICO

Existem variáveis a serem adotadas para o indivíduo estar satisfeito com o ambiente térmico. Nos intercâmbios térmicos entre o indivíduo e o meio são inúmeros os fatores e as variáveis do clima envolvidos, tanto no espaço interior quanto no espaço exterior.

Segundo Rivero (1986), os fatores e variáveis envolvidos no espaço interior são:

- roupa;
- atividade física;
- temperatura e emissividade das superfícies;
- temperatura, velocidade e umidade do ar;
- perdas por evaporação;
- radiação solar, luzes, pessoas, aparelhos elétricos.

Os fatores e variáveis envolvidos no espaço exterior são:

- roupa: resistência térmica entre o homem e o meio;
- atividade física;
- temperatura superficial dos elementos que rodeiam o indivíduo, por radiação; temperatura média radiante (TMR): média de todas as temperaturas superficiais levando em conta suas áreas;
- temperatura superficial dos fechamentos da edificações;
- ventilação e circulação do ar;
- umidade e velocidade do ar.

São vários os índices de conforto térmico e muitas as discrepâncias entre os valores limites encontrados por vários estudiosos. A faixa de valores limites dentro dos quais uma grande porcentagem de pessoas julgam serem necessárias alterações das condições ambientais é chamada zona de conforto.

Segundo Frota & Schiffer (1988), os índices de conforto térmico se classificam em:

- biofísicos: que são as trocas de calor entre corpo e ambiente;
- fisiológicos: que são as reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade do ar;
- subjetivos: que são as sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam;

Frota & Schiffer (*op. cit.*) dizem que a escolha do índice de conforto deve estar relacionada com as condições ambientais e com a atividade desenvolvida. Dentre os estudos realizados, os mais importantes foram representados por gráficos, escalas e cartas, dentre eles:

- Carta Bioclimática de Olgyay (1952): efeitos do clima sobre o homem;
- Temperatura Efetiva de Yaglou (correlação entre sensações de conforto e condições de temperatura, umidade e velocidade do ar) e Houghten; ou Temperatura Efetiva Corrigida de Vernon e Warner (Koenigsberger et Alii e Carta Psicosométrica);
- Índice de Conforto Equatorial ou Índice de Cingapura de Webb (aplicável em habitação de clima tropical, quente e úmido; Singapura é semelhante à Amazônia).

Dependendo do indivíduo e dos fatores climáticos, a quantidade de suor segregada na unidade de tempo depende do grau de aclimação e da raça do indivíduo; a quantidade de suor evaporada na unidade de tempo depende da umidade relativa e da velocidade do ar. Os limites da transpiração são as perdas de sais minerais e a fadiga das glândulas sudoríparas.

Segundo Ruy José Gomes *in* Frota & Schiffer (1988), "... através da respiração e da perspiração, para o adulto médio, na temperatura 20° C, são retiradas em repouso 45g/h de vapor d'água e em trabalho leve, 110 g/h para o ambiente", sendo que, em meia hora "... o corpo humano pode chegar a suar até 2,5 l/h" (Givoni, 1969).

Em condições normais, “... uma pessoa com atividade sedentária, em um meio com temperatura de 23°C, perde 75% do calor gerado por condução, convecção, radiação e 25%, por evaporação” (Rivero, 1986). No período seco de Brasília, no entanto, esses valores poderão ser diferentes, com provável aumento da perda de calor por evaporação.

Todo o trabalho muscular do indivíduo pode ocasionar fadiga física, higrótérmica ou nervosa, diminuição do rendimento do trabalho, aumento dos erros no trabalho, riscos de acidentes no trabalho e exposição do organismo a doenças.

2.3.1 ESTUDO EM AMBIENTE NATURAL

A partir dos dados climáticos horários de Brasília, de 1960 a 1964, Philomena Chagas Ferreira *in* Villas Boas & Oliveira (1995), caracterizou os seguintes elementos climáticos:

“a média anual de umidade referente aos 5 anos é de 68,1%, variando do verão, com cerca de 74%, para o inverno, com cerca de 60%. Janeiro é o mês mais úmido, com 81,9% de umidade média e setembro o mais seco, com 47,4% de umidade média. Os ventos em Brasília são fracos, com velocidade média de pouco mais de 2 m/seg., no período das chuvas soprando geralmente de N, passando no período seco a soprar de E e SE, sendo de E sua frequência média anual. A insolação anual é de cerca de 2600 horas, com uma média de 160 horas nos meses de verão e cerca de 290 horas no inverno”.

Esses dados climáticos permitiram a ela elaborar o gráfico bioclimático de Brasília, com umidade relativa do ar na abcissa e a temperatura do ar na ordenada. Cada curva mensal foi definida por 24 pontos, correspondentes às horas do dia, e cada ponto representou a média da temperatura e da umidade

relativa do ar, naquela hora determinada e no período estudado. Os valores de umidade relativa do ar foram obtidos através do gráfico psicrométrico. Feitas as curvas correspondentes aos 12 meses do ano, verificou que em Brasília, à sombra, um indivíduo normalmente vestido, tem suas condições de conforto reduzidas (sensação de frio) nas horas indicadas no quadro 1.

Quadro 1

Horário nos 12 meses do ano em que o indivíduo à sombra, em Brasília, normalmente vestido, tem suas condições de conforto térmico reduzidas, estando abaixo da linha de conforto.

Mês	Horário
Janeiro	das 19 às 10 h da manhã
Fevereiro	das 18:35 às 9:40 h da manhã
Março	das 21 às 8:30 h da manhã
Abril	das 21 às 8:45 da manhã
Maio	das 21 às 9 h da manhã
Junho	das 19 às 10 h da manhã
Julho	das 19 às 10 h da manhã
Agosto	das 21 às 9 h da manhã
Setembro	das 13 às 16 h e 24 às 8 h
Outubro	das 3 às 7 h da manhã
Novembro	das 24 às 8 h da manhã
Dezembro	das 20 às 9 h da manhã

Fonte: Philomena Chagas Ferreira, 1965.

Nesses horários, o desconforto é ocasionado pela elevada umidade conjugada a uma temperatura inferior à do conforto, correspondendo às horas mais altas da noite e da madrugada. Outubro é o mês que melhores condições oferece, no que diz respeito à sensação de frio, com um curto período de desconforto de 3 às 7 h da manhã e que dezembro é o mais chuvoso (350mm de precipitação anual). Ferreira verificou ainda que setembro é o mês que alcança limites extremos com desconforto à noite (frio), sendo que, no período da tarde, as altas temperaturas e a baixa umidade fazem de setembro o único mês que apresenta condições de desconforto (calor). Se for considerado o período de

atividades de trabalho (das 8 às 18 horas), para todo o ano, em média, por dia, em cerca de uma hora e meia haverá desconforto térmico, correspondendo às primeiras horas de trabalho.

2.3.2 ESTUDO EM AMBIENTE ARTIFICIAL

O resultado de estudos da A.S.H.R.A.E. (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1977) considera que o indivíduo, em atividade, está confortável termicamente à temperatura de 23,9°C, em qualquer estação do ano. O calor produzido pelo indivíduo gera 130 W nas seguintes condições:

- vestimenta de resistência 0,8 unidades relativas;
- velocidade do ar menor ou igual a 0,2 m/s;
- umidade relativa do ar entre 30% e 60% ;
- temperatura média radiante e do ar iguais;

A A.S.H.R.A.E. considera 25° C, para os climas mais quentes da América do Norte, a temperatura ótima aplicáveis para:

- velocidade ar 0,5 m/s;
- umidade relativa entre 30% e 70%;
- inverno;
- vestimenta normal;
- pessoa sentada;
- ocupação sedentária;
- temperatura radiante média igual à temperatura do ar.

E recomenda ainda:

- acrescentar 2° C para velocidade do ar 0,25 m/s;
- deduzir 1° C para umidade 90%;
- no verão, acrescentar 1° C;
- para banheiro ou similar acrescentar 3 a 5° C;
- deduzir até 5° C para ocupação ativa;
- deduzir 3 a 5° C para áreas de trânsito.

Nas condições de trabalho dos ambientes do Edifício General Alencastro, a temperatura a ser considerada confortável é de 24° C, para umidade entre 30% e 70%.

2.4 ADEQUAÇÃO LOCAL DA ARQUITETURA PARA ATENDER ÀS EXIGÊNCIAS TÉRMICAS

Segundo Rivero (1986),

“adequar a arquitetura ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto. À arquitetura cabe amenizar as sensações de desconforto impostas pelos diversos climas. Está provado que os meios desconfortáveis produzem fadiga, extenuação física e nervosa, diminuição do rendimento, aumento dos erros, riscos de acidentes de trabalho e expõem o organismo a adquirir doenças. Um edifício termicamente bem projetado proporcionará significativas economias no consumo de combustíveis pelos equipamentos térmicos”.

Em locais com clima predominantemente quente deve-se evitar que a radiação solar direta penetre excessivamente nos ambientes, prevenindo-se ganhos demasiados de calor. Segundo Frota & Schiffer (1988), “... é necessário determinar a posição do sol, nas épocas do ano e recorrer à geometria da insolação para determinar os ângulos de incidência do Sol, em função da latitude, da hora e da época do ano”.

Deve-se considerar todas as superfícies exteriores do edifício, pois a quantidade de radiação solar que incide sobre cada superfície varia conforme a orientação solar e a época do ano.

O mesmo volume de espaço interior pode obter formas diferentes e comportamentos térmicos globais diferentes. Além da orientação solar, a forma do volume e os materiais dos fechamentos exteriores influem no resultado do conforto térmico. Abrir janelas nas noites de verão, por exemplo, é um procedimento para aproveitar a brisa fresca noturna. Projetar aberturas em paredes opostas, proporcionando ventilação cruzada, é outro procedimento adequado para se obter conforto térmico (Frota & Schiffer, 1988; Rivero, 1986; Mascaró, 1986; Romero, 1988).

As diferenças de umidade relativa do ar nos dois períodos (seco e úmido de Brasília) geram partidos arquitetônicos distintos, em função da conseqüente variação da temperatura diária, a qual basicamente define as vantagens ou não da ventilação interna.

A arquitetura deve possibilitar, durante o dia, temperaturas internas abaixo das externas, e à noite, acima, amortecendo o calor recebido e provocando atraso significativo no número de horas que este calor leva para atravessar a edificação (Givoni, 1969). Assim, obtém-se um desempenho térmico tal que o calor atinja o interior durante a noite e parte do calor armazenado pelos materiais durante o dia seja devolvido para fora, não penetrando na edificação.

A temperatura interior é o resultado das propriedades dos fechamentos exteriores, que inclui o piso, as divisões internas e o mobiliário, mais a capacidade térmica de todos os corpos que se encontram no interior.

Em relação ao partido arquitetônico a ser adotado, o amortecimento do calor recebido e o atraso significativo no número de horas que este calor leva para atravessar o material utilizado nas fachadas é importante para o calor atingir o interior da edificação durante a noite, quando há grandes amplitudes térmicas diárias.

Os fechamentos exteriores da construção são classificados como opacos ou transparentes ou translúcidos. As trocas de calor externo com interno podem ser feitas através das paredes opacas e transparentes. O vidro é um fechamento transparente às radiações visíveis, permite a iluminação natural do espaço interno

e estabelece uma integração visual entre o interior e o exterior (Mascaró, 1986). Pode também gerar problemas térmicos, acústicos, econômicos e construtivos, dificultando o cumprimento das funções.

A arquitetura contemporânea revolucionou seu uso projetando os edifícios como caixas de cristal, muitas vezes sem se preocupar com a adequação ao clima do local. A radiação solar entra facilmente no local e encontra dificuldade para sair, elevando a temperatura interna do ambiente. Este efeito é chamado invernadouro ou estufa. Para diminuir a radiação solar é utilizado o vidro duplo acompanhado de cortinas internas, o que não altera o valor alto da condutividade térmica do vidro. O vidro com refletor (película metálica de alumínio, com alto coeficiente de reflexão, colocada entre dois vidros) é utilizado na tentativa de eliminar a radiação solar. A energia refletida é eliminada, produz absorção e mais eficiência quando o fechamento é composto de um vidro comum mais um vidro refletor (com a película) mais um espaço de ar para favorecer a eliminação do calor absorvente (Mascaró, 1986).

Um elemento de proteção solar utilizado no fechamento externo é o quebra-sol (chamado também de brise-soleil). Podem ser fixos e móveis, externos e internos. Em paredes eles podem ser de várias formas e cores e estarem dispostos diferentemente, de acordo com a absorção do calor necessária.

2.4.1 PADRÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES NATURAIS

De acordo com os dois períodos de Brasília, quente seco e quente úmido, os padrões de conforto térmico em ambientes naturais devem ser observados.

Os tópicos a seguir devem ser observados (Frota & Schiffer, 1988):

- a ventilação neste caso não é útil, pois o vento externo estaria em um mesmo instante ou mais frio ou mais quente que a temperatura do ar interno;

- o calor que atravessa a envolvente só deve atingir o interior da edificação à noite. Por isso, parte do calor armazenado pelos materiais durante o dia será devolvido para fora, não penetrando na edificação;
- o tamanho das aberturas: as aberturas pequenas facilitam a proteção de excessiva radiação solar direta;
- as superfícies grandes não devem ficar expostas, tanto à radiação quanto ao vento, o qual, em clima seco, traz poeira;
- as edificações devem fazer sombra umas às outras;
- as ruas de maior largura devem ser projetadas na direção este-oeste, pois a inclinação dos raios solares ao longo do ano não atinge, com muito rigor, as fachadas voltadas para estas ruas;
- as ruas com direção norte-sul devem ser mais estreitas, prevendo praças e desvios, de modo a não canalizar os ventos;
- a vegetação deve funcionar como barreira aos ventos e reter parte da poeira em suspensão no ar;
- os espaços abertos e fechados podem conter espelhos d'água ou chafarizes: a umidificação da água ao ar traz conforto;
- as paredes laterais devem se auto-sombrar em partes do dia;
- o entorno da cidade deve ter elementos construtivos funcionando como barreira aos ventos que atingem o núcleo residencial.

Em clima quente úmido, a ventilação noturna é bastante desejável e os fatores a seguir devem ser observados (Frota & Schiffer, 1988). Devem ser:

- criados caminhos sombreados com a vegetação;
- projetados marquises, toldos e projeção de andares acima do térreo;
- evitados nas superfícies externas os materiais que reflitam muito a radiação solar ou que tenham grande poder de armazenar calor;
- diminuídos o conteúdo de água do ar mediante instalações especiais de equipamentos condicionadores;
- usadas cores claras nos materiais de acabamento, que refletem mais a radiação solar, pois menos calor atravessará a envolvente;

- protegido o teto que é o elemento que necessita de maior proteção da radiação solar, pois sob os limites da projeção de sua sombra se faz a ocupação;
- as aberturas devem ser as maiores possíveis;
- leves as paredes para se refrescarem, quando a temperatura cair à noite, pois as paredes são apenas elementos de separação entre o exterior e o interior ou barreiras à luz e não recebem carga térmica, como o telhado.

2.4.2 PADRÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES ARTIFICIAIS

O comportamento térmico interior do volume da edificação como unidade permite selecionar a forma e a orientação solar de maior eficiência, se o espaço interior há instalação de refrigeração ou de calefação. A solução arquitetônica adotada vai representar maior ou menor economia energética, que atualmente constitui um objetivo importante a ser pensado para a manutenção da edificação (Mascaró, 1986).

O conforto térmico do ambiente refrigerado vai depender dos materiais a serem empregados no fechamento externo, no piso, na parede (incluindo as divisórias) e no teto, vai depender do número de pessoas que ocupam o ambiente, dos equipamentos e da iluminação instalados. Quando o fechamento externo é em vidro, o fator de sombra e a condutibilidade térmica são importantes para que o ambiente interno se torne confortável, termicamente. Uma cortina de vidro, sem proteção externa ou interna, pode não oferecer condição de conforto térmico.

Nos dias muito quentes de verão a temperatura superficial dos fechamentos externos é muito elevada. O sistema de ar condicionado instalado poderá absorver o calor interno, de modo a manter estacionada a temperatura interior, porém aquelas altas temperaturas superficiais permanecem inalteradas, chegando a criar situações desconfortáveis.

Segundo Rivero (1986), "... um ambiente termicamente perfeito, equipado com condicionador de ar, a velocidade do ar, a circulação do ar e a ventilação não

têm importância na elaboração do projeto. O movimento de ar de 1,5m/s tem o mesmo efeito térmico sobre uma pessoa que uma diminuição de 3° C na temperatura do ambiente. Com a temperatura do ar em torno de 24°C, considerada de conforto térmico, a umidade relativa do ar não tem influência significativa quando oscila entre 30% e 60%”.

Nos cálculos das instalações do sistema de ar condicionado do Edifício General Alencastro foram adotados, para conforto térmico interno, 24° C, para temperatura do ar, podendo oscilar 1,5° C para mais ou para menos e 50%, para umidade relativa do ar, podendo oscilar 5% para mais ou para menos. Serão considerado, portanto, como confortáveis os ambientes com temperatura do ar entre 22,5° C e 25,5° C. Esses dados foram adotados nos cálculos da instalação do sistema de ar condicionado central.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRÉDIO OBJETO DE ESTUDO

O prédio objeto de estudo possui enormes superfícies envidraçadas que permitem ganhos de radiação solar inconvenientes ao desempenho termoluminoso dos locais, obrigando o uso permanente de persianas, que amenizam, mas não resolvem o problema do calor excessivo e forçam o uso do condicionamento artificial de ar.

O projeto é datado de 1990 e foi modificado, na época da obra, em 1994.

Nas fachadas, inicialmente foram projetados brise-soleil. Segundo seu autor, foram estudados de acordo com a orientação solar, para proporcionar ao usuário ventilação e iluminação naturais adequados ao ambiente. Sendo assim, não seria necessária a instalação nem do sistema de ar condicionado central e nem das persianas. Com a substituição dos brises pelo vidro refletivo contínuo, foram colocadas as persianas e instalado o ar condicionado central. Consequentemente, todas as lâmpadas necessitam ficar acesas durante todo o dia. Portanto, a idéia inicial do projeto foi totalmente alterada, resultando em maior consumo de energia elétrica. É o caso típico de um edifício comercial moderno climatizado artificialmente, com superfícies envidraçadas.

Os fatores positivos e negativos do uso do condicionamento térmico artificial instalado no prédio são citados a seguir.

2.5.1 FATORES POSITIVOS DO USO DO CONDICIONAMENTO TÉRMICO ARTIFICIAL

- possibilidade de programar a temperatura do ar, considerada confortável, nos ambientes internos do prédio;
- possibilidade de controlar a temperatura do ar adequada a cada sala localizada de acordo com a orientação solar;
- reduzir o consumo de energia devido ao controle automatizado.

2.5.2 FATORES NEGATIVOS DO USO DO CONDICIONAMENTO TÉRMICO ARTIFICIAL

- programar a mesma temperatura dentro dos setores onde está localizado o sensor da temperatura;
- aumento do consumo de energia devido ao maior trabalho do sistema de ar condicionado, para atender à sala com temperatura elevada;
- desconforto térmico do usuário;
- desconforto do usuário em trabalhar durante todo o dia com o ruído do ar condicionado;
- impossibilidade do usuário abrir as janelas;
- impossibilidade do usuário se integrar com o exterior através das janelas;
- desconforto do usuário em diminuir a radiação solar no vidro somente com o uso das persianas;
- desconforto do usuário em não poder utilizar a ventilação natural.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A VENTILAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL NO PRÉDIO

Em relação à localização do prédio no espaço físico, houve a preocupação em aproveitar a ventilação natural e orientá-lo de acordo com o sol. Porém, ao substituir os brises originais por vidro refletivo e adotar o sistema de ar condicionado central para ventilar os ambientes, essa preocupação do autor do projeto de arquitetura passou a não ter importância. Portanto, conta-se apenas com a ventilação artificial.

Consideramos, então, que o tipo de clima e a orientação solar não foram levados em conta no estudo da demanda de energia elétrica usada pelo edifício, pois o prédio finalizou sua construção funcionando, no horário de trabalho, somente com o sistema de ventilação artificial, sendo proibido abrir as janelas para utilizar a ventilação natural.

Capítulo III

Conforto Luminoso

CAPÍTULO III

3. **CONFORTO LUMINOSO**

Segue-se a revisão da literatura sobre a percepção humana e as fontes de luz natural, os padrões de exigência das necessidades humanas relativos ao conforto luminoso e as considerações sobre a iluminação natural e artificial no prédio objeto de estudo.

3.1 PERCEPÇÃO HUMANA E FONTES DE LUZ NATURAL

A luz ao atingir o olho humano provoca sensações visuais. Para que um corpo seja visto deve enviar luz aos nossos olhos. Os corpos que produzem luz são chamados corpos luminosos ou fontes primárias: o Sol, as lâmpadas elétricas acesas, as velas acesas. As fontes secundárias recebem luz das fontes primárias e refletem parte dessa luz. É o caso da abóbada celeste e do entorno natural ou construído.

A luz diurna que chega até nós, através de uma abertura, se diferencia em três fontes:

- luz direta do sol;
- luz difusa pela abóbada encoberta ou clara;
- luz refletida pelas superfícies externas, tais como as construções vizinhas, vegetação ou piso.

A luz direta do sol, principal fonte de luz natural, se diferencia de outras fontes pelo seu caráter pontual e dinâmico e pela sua grande intensidade. Segundo Rocha (1995): "...A iluminação de uma superfície horizontal exterior exposta ao sol chega a 100.000 Lux, enquanto que exposta à luz difusa da abóbada clara atinge 16.000 Lux nas regiões tropicais".

Devido ao seu caráter pontual e intenso nas regiões de clima quente, essa fonte de luz não é recomendada na iluminação com finalidade utilitária. Quando se aproveita a luz natural com finalidade utilitária, a primeira providência que devemos tomar é a eliminação da penetração da luz direta do sol. Com isso, evitamos as variações violentas das iluminâncias obtidas e os demais inconvenientes decorrentes dos ofuscamentos sobre as pessoas.

A abóbada celeste oferece luz difusa que provém da difração dos raios solares pelas próprias moléculas da atmosfera, por partículas de poeira ou gotículas de água em suspensão. A luz difusa permite um uso mais controlado e possibilita a obtenção de uma iluminação mais equilibrada. O desempenho da luz natural difusa na abóbada, como fonte de luz, tem sido avaliada em função do tipo de abóbada característico de cada região, que varia de clara a totalmente encoberta, segundo sua distribuição de luminância:

- clara: é caracterizada por possuir menos de 1/3 de sua superfície total coberta de nuvens e presença constante de luz solar direta. Sua distribuição de luminância varia com a posição do sol e com a difusão da luz na atmosfera;
- parcialmente encoberta: se caracteriza por possuir nuvens esparsas cobrindo de 1/3 a 2/3 de sua superfície total. Sua luminância, excessiva na maior parte do tempo, se distribui de forma extremamente variável, oscilando entre as condições de abóbada clara e encoberta.
- encoberta: se caracteriza por possuir sua superfície total coberta inteiramente por nuvens.

A iluminância excessiva que vem da abóbada celeste e da luz solar direta são motivos de desconforto. Tais efeitos podem ser controlados e/ou regulados por meio de elementos fixos ou móveis, exteriores (brise-soleil, veneziana, toldo) e interiores (material translúcido ou de cores claras de alta difusão como cortina, persiana) às aberturas, chamados fatores de sombra.

O entorno é outra fonte de luz secundária. Sua capacidade de refletir luz depende de sua cor, da distância entre os prédios e de sua orientação.

3.1.1 UNIDADES FOTOMÉTRICAS E CONCEITOS

- Fluxo luminoso: (Φ) Lumen

É a energia radiante que afeta a sensibilidade do olho durante um segundo;

- Rendimento luminoso ou eficácia luminosa: (N) Lúmen por Watt

É o fluxo luminoso que emite uma fonte de luz por cada unidade de potência elétrica consumida para sua obtenção;

- Intensidade luminosa: $I = \frac{\Phi}{\Omega}$ (Candela)

W

A intensidade luminosa de uma fonte de luz em uma determinada direção é igual à relação entre o fluxo luminoso contido em um ângulo sólido qualquer cujo eixo coincida com a direção considerada e o valor desse ângulo sólido, expresso em esferodianos;

- Iluminância ou iluminação: $E = \frac{\Phi}{S}$ (Lux)

S

Iluminância ou iluminação de uma superfície é a relação entre o fluxo luminoso que recebe a superfície e sua área;

- Luminância: $L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}}$ (Candela/m² ou Candela/cm²)

S aparente

Luminância de uma superfície em uma direção determinada é a relação entre a intensidade luminosa nessa direção e a superfície aparente, que é a superfície vista pelo observador situado na mesma direção;

- Fluxo radiante: W (Watt)

É a energia da radiação incidente por unidade de tempo. A quantidade de fluxo radiante é igual para todos os comprimentos de onda.

3.2 PADRÕES RELATIVOS AO CONFORTO LUMINOSO HUMANO: ORIENTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS ABERTURAS

O sol ao penetrar pelas aberturas causa uma mancha iluminada no interior do edifício. Esta área tem maior luminosidade que o restante do ambiente e poderá provocar ofuscamento e velamento nos usuários, prejudicando o desenvolvimento de certas atividades. Pode ainda incidir sobre equipamentos ou quaisquer objetos de maneira indesejável ou prejudicial. Assim, o melhor aproveitamento da luz natural nos ambientes está relacionado com a escolha da orientação do sol em relação ao prédio.

A janela permite trabalhar com o universo da luz (por meio da refração, difusão e reflexão), sombra (por meio de árvores) e cor das superfícies.

Em diversas regiões é necessário o controle permanente de radiação solar incidente na janela, pois a luz é excessiva na proximidade do envidraçado da janela e bastante reduzida a poucos metros no interior.

Elementos como treliçados de madeira, brise-soleil, veneziana, persiana, combogó e árvores são fatores de sombra que corrigem a luminosidade em excesso do céu, controlam o ambiente protegendo do sol e da ventilação e reduzem o ofuscamento.

Um local com grandes janelas dependerá da luz incidente, enquanto outro com janelas de tamanho moderado, de superfícies interiores com alto fator de reflexão, terá combinação adequada de luz direta e luz refletida, mais interessante. Vale lembrar que janelas e elementos de controle da luz sujos reduzem a admissão da luz e superfícies sujas e deterioradas absorvem a luz.

3.2.1 ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO INTERIOR DOS AMBIENTES DE TRABALHO, EM SALAS PROFUNDAS E DISTINTAS

Em relação aos ambientes internos, para se conseguir um nível de iluminamento satisfatório somente com a iluminação natural - nas partes mais profundas de um ambiente relativamente grande (digamos 500 lux para um local cuja atividade seja escrita ou digitada) - seria necessária uma área de abertura muito grande, que levaria, automaticamente, ao problema do desconforto devido aos contrastes excessivos entre áreas próximas e afastadas da janela. As partes afastadas das janelas terão o apoio da iluminação artificial. Por isso, não se consegue um nível de iluminamento satisfatório somente com a iluminação natural.

Em relação às propriedades luminosas dos materiais, uma maneira de aumentar ou diminuir a quantidade de luz nos espaços interiores das construções é utilizar cores (claras ou escuras) e superfícies (lisas e espelhadas ou rugosas e obscuras).

No prédio objeto de estudo a iluminação natural ficou prejudicada devido à (ao):

- material utilizado nas quatro fachadas: cortina de vidro;
- persianas horizontais cor preta que ficam fechadas o dia todo para obstruir a luminosidade em excesso.

O que acontece no prédio é o projeto de fachada estar com enormes superfícies envidraçadas que permitem ganhos de radiação solar inconvenientes ao desempenho termo-luminoso dos locais, obrigando o uso permanente das persianas que tiram a iluminação natural dos locais.

3.2.2 ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO INTERIOR DOS AMBIENTES DE TRABALHO, EM SALAS PROFUNDAS E DISTINTAS

A iluminação artificial pode ser, quando utilizada com critério, um apoio fundamental para a iluminação natural. Segundo Mascaró (1986), ...”a filosofia que rege nos EUA é a crença de que as melhores e mais confortáveis condições internas podem ser atingidas muito mais com a iluminação artificial do que com a natural, baseando-se na estrutura social, com tecnologia altamente desenvolvida, mecanicista e artificial, cuja condição econômica pode arcar com os altíssimos custos que tal procedimento acarreta, principalmente do ponto de vista energético, juntando-se a isso o fato de ele ter também alguns fundamentos climáticos bem definidos. No Brasil, nação menos rica, é diferente e não há capital disponível”.

O uso indiscriminado da iluminação artificial vem acontecendo nos projetos com enormes superfícies envidraçadas. Este modelo tem conotações extremamente sérias do ponto de vista econômico, pois implica em um gasto excessivo de energia, bem como em um custo de instalação e manutenção mais elevado, além de uma vida útil mais curta dessa instalação.

Nos dias de hoje, esse tema torna-se de extrema importância, pois a iluminação suplementar é uma realidade presente na quase totalidade dos edifícios. Teoricamente, a iluminação natural seria para ser utilizada durante o dia e a artificial à noite.

No caso dos ambientes de trabalho, em salas profundas, utiliza-se a iluminação artificial durante o dia, ocasionando um enorme consumo de energia. As janelas estão projetadas (em poucos casos) para transmitir luz diurna. São utilizadas também para mostrar a iluminação artificial à noite.

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRÉDIO OBJETO DE ESTUDO

O prédio objeto de estudo possui enormes superfícies envidraçadas que permitem ganhos de radiação solar inconvenientes ao desempenho termoluminoso dos locais, obrigando o uso permanente de persianas, tirando a iluminação natural dos locais e forçando ao uso da iluminação artificial.

Inicialmente, com os brise-soleil instalados, não seria necessária a instalação do sistema de ar condicionado central, das persianas e o funcionamento das 10.000 lâmpadas fluorescentes acesas durante o dia, e sim apenas o funcionamento das lâmpadas instaladas nos locais afastados das janelas. Com a substituição dos brises pelo vidro refletivo contínuo, foram colocadas as persianas, todas as lâmpadas precisam ficar acesas durante o dia e foi instalado o ar condicionado central.

Um outro aspecto do projeto causador do desperdício de energia elétrica, que não foi alterado na época da obra, foi a não substituição das lâmpadas fluorescentes especificadas, de 40W, por econômicas de 32W. Em projetos chamados eficientes é necessário que o sistema de iluminação apresente luminárias, reatores e lâmpadas de alta eficiência, buscando sempre a redução do consumo de energia.

Um fator que contribuiria para a eliminação de desperdícios seria o uso do sistema de controle automatizado da iluminação, com instalação de sensor em cada setor no prédio, para que seja proporcionada a iluminação necessária àquele setor. Cada setor exige uma quantidade de iluminamento necessário ao conforto luminoso, que depende de sua locação no prédio, em relação à orientação solar.

A iluminação artificial em funcionamento constante é necessária devido a certas características do prédio e aos lay-out definidos.

Os fatores positivos e negativos relacionados à iluminação artificial instalada no prédio são citados a seguir.

3.3.1 FATORES POSITIVOS DO USO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO PRÉDIO

- quantidade de iluminamento adequado ao tipo de trabalho;
- possibilidade de controle automatizado da iluminação adequada por setor;
- redução do consumo de energia devido ao controle automatizado da iluminação;

3.3.2 FATORES NEGATIVOS DO USO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO PRÉDIO

- distribuição igual das luminárias em todo o prédio;
- excesso de lâmpadas devido à essa distribuição igual;
- lâmpadas fluorescentes e reatores ultrapassados;
- aumento do consumo de energia;
- desconforto visual do usuário devido aos inúmeros reflexos da iluminação nos monitores de vídeo;
- desconforto do usuário em trabalhar durante o dia recebendo iluminação artificial integral;
- desconforto do usuário em não poder utilizar a iluminação natural devido à colocação das persianas.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL NO PRÉDIO

Segundo Lamberts et Alli (1996), “um projeto integrado de iluminação natural e artificial, que leva em consideração a disponibilidade de luz diurna, própria do clima local, permite reduzir o consumo de energia do edifício em mais de 30%, aproximadamente”.

O tipo de clima não foi levado em conta no estudo na demanda de energia elétrica usada pelo edifício, pelos motivos já citados no capítulo 2, item 2.6. O prédio não utiliza a luz natural tão intensa na região, nem mesmo como complemento da artificial.

Em relação à localização do prédio no espaço físico, inicialmente houve a preocupação de se obter melhor iluminamento natural por intermédio de “planejamento aberto”, em que os blocos de edifícios são dispostos em posição estratégicas, a fim de permitir a penetração de luz natural, quer entre blocos adjacentes, quer por cima do topo dos blocos, onde o nível de luminosidade varia. Apesar do prédio ter sido construído num terreno confinado entre dois blocos existentes nas laterais e blocos adjacentes às vias públicas nas fachadas frontal e posterior (ver figura 8), segundo o autor do projeto de arquitetura, “... para aproveitar melhor o iluminamento natural foi estudada a orientação solar, implantando o prédio a 45° e um pouco enterrado, em relação ao nível da rua, com jardins à sua volta. Porém, com a utilização do vidro refletivo e as persianas nas janelas, todas as salas necessitam bloqueio da radiação solar, prejudicando a entrada da iluminação natural nos ambientes internos. Portanto, a iluminação artificial é necessária e é utilizada no prédio, integralmente.



Fig.8. Foto do entorno do Edifício General Alencastro.

Capítulo IV

Características do Edifício e dados do projeto de arquitetura

CAPÍTULO IV

4. CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO E DADOS DO PROJETO ARQUITETURA

Seguem-se as características do Edifício General Alencastro e os dados do Projeto de Arquitetura.

4.1 CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

As características do edifício estão indicadas no quadro 2.

Quadro 2
Características do Edifício General Alencastro.

Obra	Edifício sede da SISTEL (Fundação Telebrás de Seguridade Social), Edifício General Alencastro
Localização	SEP 702/902, lote B, Asa Sul, Brasília – DF Seus limites externos são as vias W4 Sul (fachada leste) e W5 Sul (fachada oeste) e os prédios da FUNAI (fachada norte) e o Clube do Congresso (fachada sul)
Tipo de empresa	Nacional
Data de projeto	1990
Data de conclusão	Outubro de 1994
Data de ocupação	Novembro de 1994
Área construída	26.748,85 m ²
Área útil/carpete do pavimento tipo	964,00 m ²
Densidade média de ocupação (m²/usuário)	7712,00/493 = 15,64
Número de pavimentos, incluindo térreo e serviços	07
Número de subsolos	02
Estacionamento para visitantes	Não
Características estruturais	Metálica
Características de lay-out	Landscape/flexibilidade/shafts/pré-cabeação
Posição dos serviços e da circulação vertical no pavimento tipo	Centralizados
Automação predial	Sim (sistema supervisionado)
Automação de escritório	Sim (informatização)
Nível dos acabamentos	Primeira qualidade
Salas especiais para reunião	Sim
Restaurante	Sim
Agência bancária/outras serviços	Sim

4.2 DADOS DO PROJETO DE ARQUITETURA

O memorial descritivo será apresentado a seguir.

4.2.1 IMPLANTAÇÃO

Segundo os autores do projeto de arquitetura, a opção foi aproveitar a orientação solar construindo o prédio de forma oblíqua em relação ao terreno (45°). Ver planta de situação e locação, figuras 02 e 03, respectivamente.

A proteção do prédio, em grande parte, é assegurada por jardins e grades que o circundam.

O edifício possui 2 subsolos de garagem. O conjunto ocupa um terreno de 6.600m^2 de superfície ($120 \times 55\text{m}$) e uma área de construção de $26.748,85\text{m}^2$, distribuídos nos dois subsolos, no térreo e nos dois blocos com quatro pavimentos-tipo cada, destinados a escritórios com área útil de 7.716m^2 .

O acesso aos andares é feito por quatro elevadores, dispostos dois a dois, que atendem do segundo subsolo ao último pavimento. Este acesso é feito também pela escada do hall central.

O pé direito livre no térreo é de 3,15m, de 18,25m no hall central interno e de 2,45m nos andares de escritórios.

4.2.2 PAVIMENTO TÉRREO

A área total é de $2.944,80\text{m}^2$. No hall central a fonte artificial umidifica o ar (ver figura 5). São duas recepções, uma em cada bloco, que são interligadas ao sistema de *inteligência* do edifício, controlando o pavimento, as garagens e os postos de serviço dos pavimentos-tipo.

Tem um auditório com capacidade para 105 lugares, com duas amplas salas de apoio para cursos e palestras, uma secretaria e um foyer e é tratado acusticamente.

Possui duas agências bancárias, lanchonete, serviço médico, administração do condomínio, depósitos de lixo, conjunto de sanitários e PABX digital.

Durante o dia, a área recebe iluminação natural através dos vitrôs do teto e pelo vão entre os blocos.

Ver planta baixa do térreo na figura 9.

4.2.3 SUBSOLOS

São dois subsolos com área total construída de 12.100m², rampas de acesso e saída de veículos, 246 vagas, depósitos, oficina de manutenção predial, sala de motoristas, vestiário e refeitório para pessoal de manutenção e limpeza, subestação rebaixadora de energia elétrica, sistema no-break, central de água gelada, tratada acusticamente, com torres de resfriamento e central controle automatizado do edifício.

Ver planta baixa dos subsolos (figuras 10 e 11), corte (figura 12) e fachadas (figura 13).

4.2.4 COBERTURA

Na cobertura foi projetada com a casa de máquinas dos elevadores, as salas de exaustão das escadas e os reservatórios superiores de água.

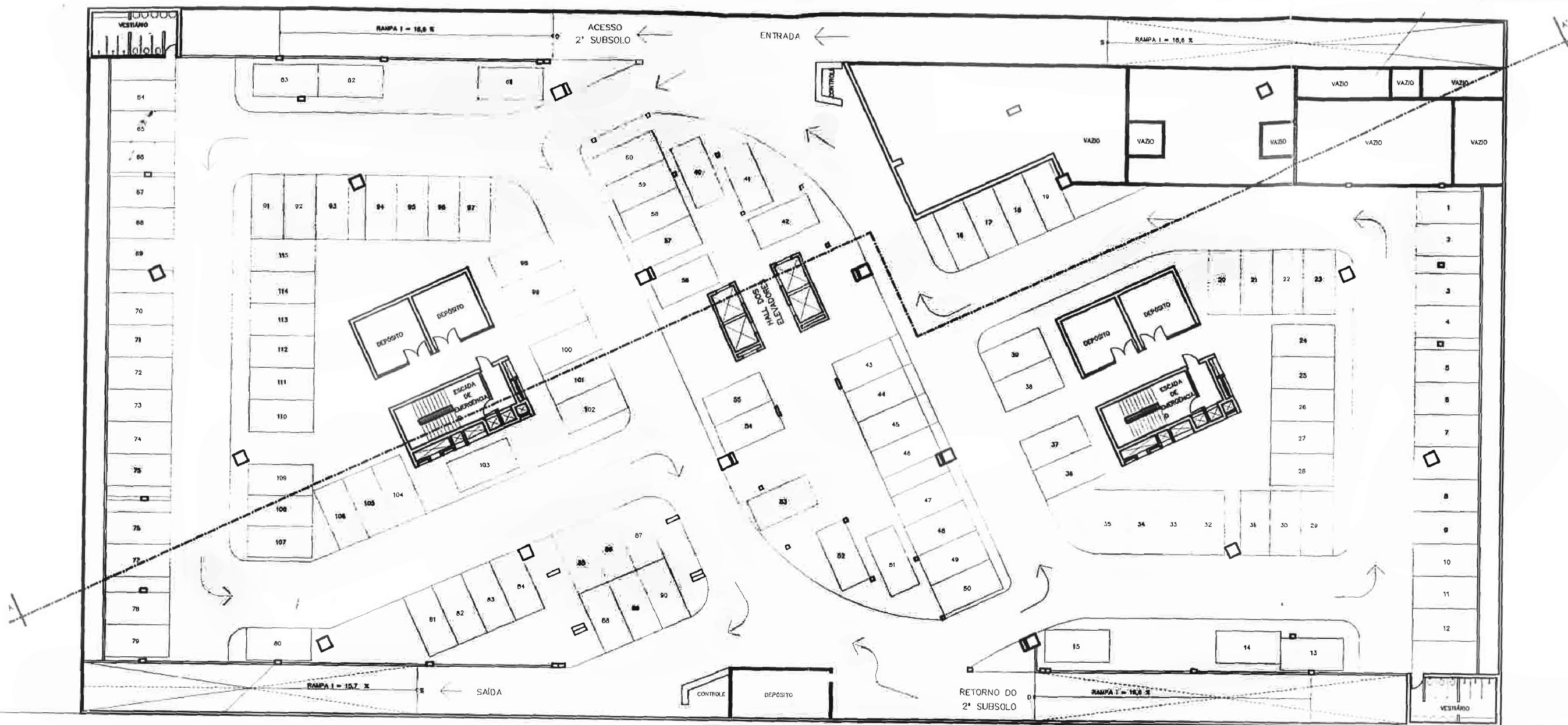
Ver planta baixa da cobertura na figura 4.

4.2.5 ACABAMENTOS

As fachadas são feitas com esquadrias de alumínio anodizado e vidro refletivo de 8 mm (Antélio incolor de 5mm e bronze de 3mm, com película incolor)

VIA W4 - LARGURA DO TERRENO: 55,00 m

DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120,00m



VIA W5 - LARGURA DO TERRENO: 55,00 m

DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120,00m

ED. GENERAL ALENCASTRO
PLANTA - BAIXA
1º SUBSOLO
FIGURA 10

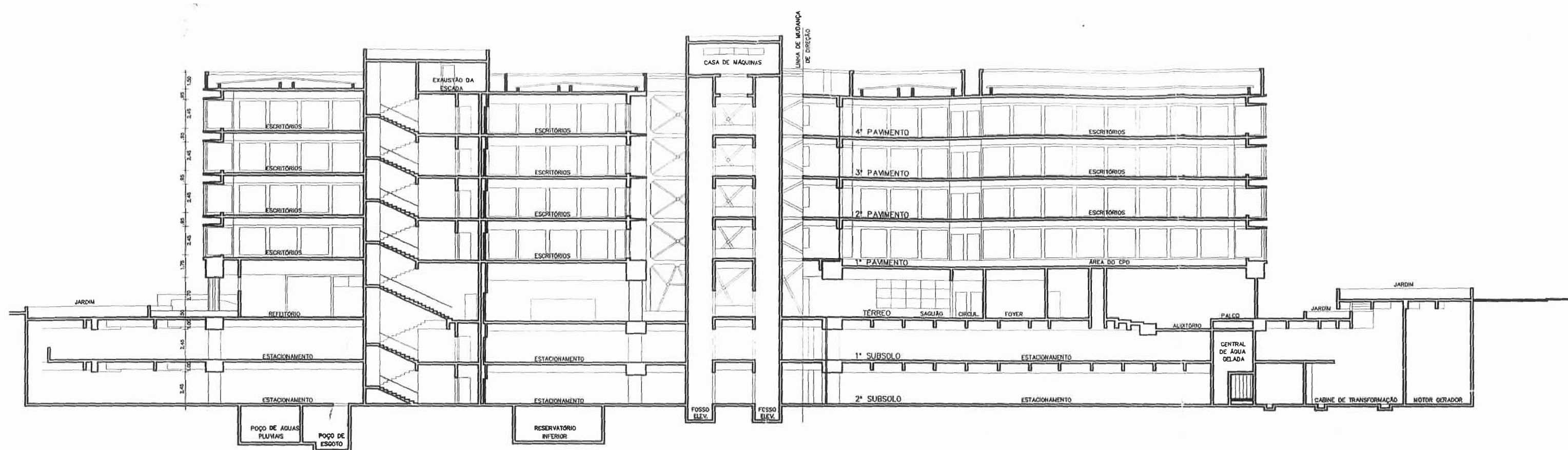
DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120.00m



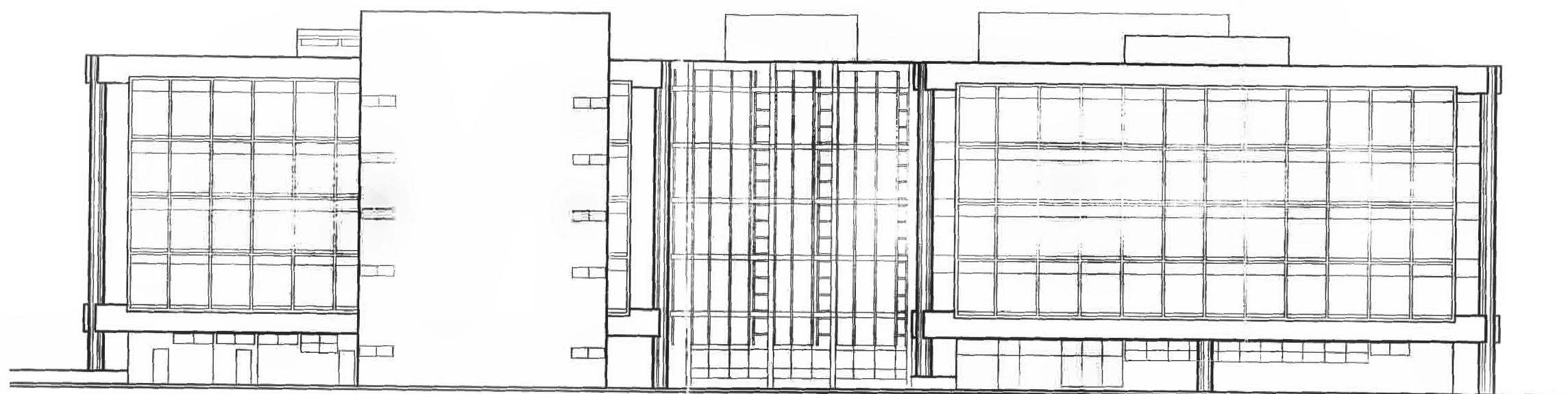
DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120.00m



ED. GENERAL ALENCASTRO
PLANTA - BAIXA
2º SUBSOLO
FIGURA 11



ED. GENERAL ALENCASTRO
 PROJETO ATUALIZADO
 CORTE AA
 FIGURA 12



ED. GENERAL ALENCASTRO
FACHADAS NORTE E SUL
FIGURA 13



da Blindex Vidros de Segurança Ltda., com exceção da cobertura. As janelas têm abertura móvel, tipo maxi-mac, porém, é proibido abri-las por causa do sistema adotado de ar condicionado central.

O projeto de arquitetura é datado de 1990 e foi aprovado com brise-soleil nas fachadas, ao invés do vidro refletivo. Segundo o seus autores, todas as angulações dos brise-soleil foram estudadas pela equipe de arquitetos de acordo com a orientação solar de cada fachada. Ver figuras 14 e 15. No decorrer da obra o proprietário do prédio pediu para que os brise-soleil fossem substituídos pelo vidro refletivo. Os autores concordaram. Internamente, nas salas de trabalho, foram instaladas persianas horizontais cor preta.

Nas áreas comuns, hall de elevadores, recepções, hall central e sanitários há predominância de revestimento em granito no piso e na parede. O forro é do tipo metálico, estruturado em módulos de 1,25 x 1,25m, com duplo tratamento acústico. As calçadas externas são revestidas em granito flameado.

4.2.6 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO PROJETO DE ARQUITETURA

As especificações dos materiais estão indicadas nos quadros 3 e 4.

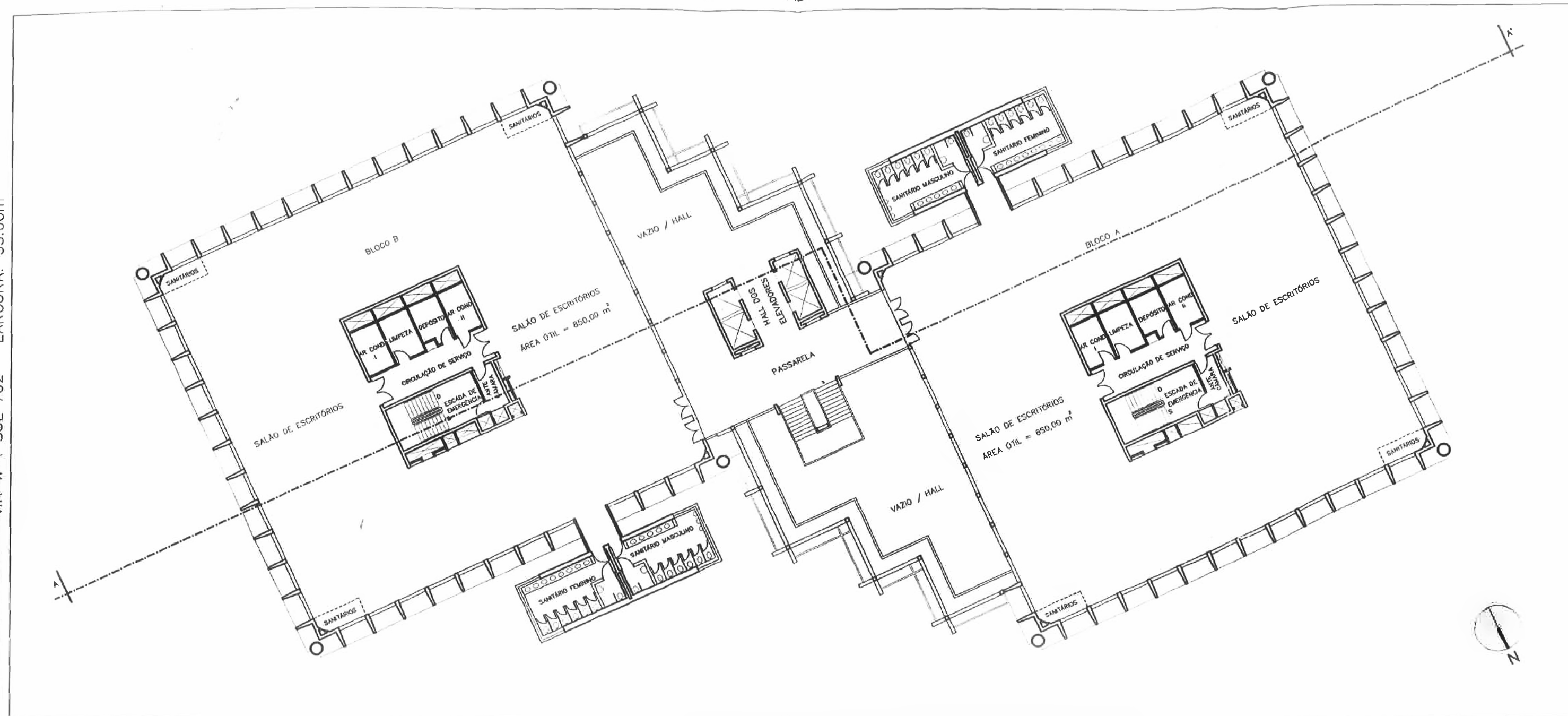
Quadro 3

Especificação dos materiais utilizados nos pavimentos-tipo e no térreo do Edifício General Alencastro.

Local	Pavimento tipo	Pavimento- tipo	Térreo	Térreo	Térreo
	escritórios	Hall elevadores	Recepção e hall central	sanitários	Hall elevadores
Piso	carpete modulado 1,25 m	Granito	Granito	granito	Granito
Parede	divisória almofadada em tecido	Granito	Vidro/granito	granito	Granito
Teto	forro:luxalon sistema 125 com manta termoacústica estrutural: jateamento em luxacustic	forro:luxalon sistema 125 com manta termoacústica estrutural: jateamento em luxacustic	Cobertura parcial de vidro	gesso	forro:luxalon sistema 125 com manta termoacústica estrutural: jateamento em luxacustic
Pé direito: piso a piso a teto	3,40 m 2,45 m	3,40 m 2,45 m	- 3,15 m 18,25 m no hall central interno	2,45 m (até o forro)	3,82 m (até o forro)
Malha de piso em canaleta (energia, telefonia e lógica)	sim	não	não	não	não

VIA W 4 SUL 702 - LARGURA: 55.00m

DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120.00m



VIA W 5 SUL 702 - LARGURA: 55.00m

DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120.00m



ED. GENERAL ALENCASTRO
PROJETO ORIGINAL
PAVIMENTO - TIPO
FIGURA 14

Quadro 4
Especificação dos materiais utilizados nos subsolos, na área externa e na cobertura do Edifício General Alencastro.

Local	Subsolos	Área externa	Cobertura
Piso	cimentado desempenado	Calçada em granito flameado	alumínio com proteção térmica tipo Bernini com ventilação permanente no hall central e telha de cimento amianto canaleta 49
Parede	Concreto	Fachada em perfil de alumínio anodizado preto, vidro reflexivo bronze e faixas em concreto armado	-
Teto	Concreto	-	-
Pé direito	3,25 m	-	-
Malha de piso em canaleta	não	-	-

4.2.7 ESPECIFICAÇÃO DOS VIDROS UTILIZADOS NO PRÉDIO OBJETO DE ESTUDO

4.2.7.1 Evolução na fabricação

Até recentemente o vidro transparente era o principal material usado em janelas. Apesar do vidro ser durável e ter alta transmissividade à luz natural, ele tem pouca resistência à passagem do calor. Durante as duas últimas décadas a tecnologia do vidro evoluiu muito.

O desenvolvimento com novos tipos de vidro criou uma nova geração de materiais que melhoram a eficiência das janelas para os usuários. Enquanto esta nova geração ganhou rapidamente aceitação no mercado, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes continua.

Hoje, vários tipos de vidro e janelas, para controlar a perda ou ganho de calor, estão disponíveis no mercado. Estes avanços incluem vidro duplo e triplo

com tratamentos como Low-e (baixa emissividade), spectrally selective (espectralmente selectivo), absorvente ou refletivo, vidro duplo com gás e janelas incorporando combinações destas opções.

Segundo Lamberts et Alli (1996), “... os vidros com baixa emissividade (Low-e) reduzem a passagem de calor através da janela”.

O tratamento neste vidro é fino, quase invisível com um óxido metálico ou semicondutor que é colocado diretamente sobre uma ou mais superfícies de vidro ou entre as lâminas do vidro. O tratamento tipicamente fica virado para a câmara de ar para reduzir a transmissão de calor na câmara.

Quando aplicada em uma câmara de ar entre dois vidros, a película de baixa emissividade é colocada na camada de fora do vidro interno para refletir de volta o calor que sai do ambiente durante a estação de aquecimento. O mesmo tratamento vai reduzir um pouco o ganho de calor durante a estação de refrigeração. Segundo Lamberts et Alli (1996):

“janelas com película de baixa emissividade custam cerca de 10% a 15% a mais que janelas normais, reduzem a perda de energia entre 30 e 50% (simulações demonstraram que vidros avançados com películas seletivas podem reduzir as cargas de refrigeração em novos edifícios em climas quentes em mais de 40%) e filtram entre 40 e 70% do calor normalmente transmitido através de vidro transparente permitindo a passagem da luz natural”.

Apesar destas películas serem geralmente aplicadas pelo fabricante, também estão disponíveis para serem aplicadas pelo próprio usuário em vários tipos de vidro. Estes filmes são baratos quando comparados com a substituição da janela como um todo e duram 10 a 15 anos sem descascar e economizam energia, reduzem a degradação da mobília e aumentam o conforto visual. As películas seletivas são consideradas a próxima geração de películas de baixa emissividade.

Outra tecnologia consiste em usar vidro absorvente. Parte do calor, entretanto, continua a passar através do vidro por condução e reirradiação.

Mas quando se usa vidro duplo, a camada de dentro pode ser colocada em vidro transparente ou outra de vidro absorvente para reduzir ainda mais a passagem do calor.

Segundo Lamberts et Alli (1996):

“o vidro cinza e o bronze reduzem tanto a penetração do sol quanto da luz e são os mais comuns. Os vidros azuis e os verdes, por outro lado, permitem mais a passagem de luz visível e reduzem a passagem de calor solar. Quando as janelas transmitem menos de 70% de luz visível, as plantas podem morrer ou crescer mais lentamente. Em climas quentes os vidros escuros devem ser evitados, pois absorvem mais luz do que calor. Os vidros refletivos reduzem a transmissão de luz visível como os absorventes. Apesar de bloquearem mais luz do que calor, as películas refletivas quando aplicadas em vidros absorventes ou transparentes podem diminuir a passagem de calor. Entretanto, a redução de carga térmica pode ser suplantada pela necessidade de luz artificial adicional”.

Ainda segundo Lamberts et Alli (1996):

“super- janelas estão aparecendo no mercado americano que podem ter alta resistência térmica por combinar múltiplas películas de baixa emissividade com gás de baixa condutância com barreiras que reduzem a circulação do gás na câmara entre os panos de vidro com esquadrias compostas de isolantes térmicos. O calor de uma pequena quantidade de radiação difusa no inverno pode transformar estas super-janelas em ganhadoras de calor.

Também em desenvolvimento estão as vidros crômicos que se adaptam às freqüentes mudanças dos requisitos de iluminação, aquecimento e refrigeração. Estas janelas inteligentes serão separadas em passivas e ativas.

As janelas passivas se adaptarão mudando a transmissividade à luz de acordo com a quantidade de luz disponível (photocrômicas) e a transmitância ao calor de acordo com a temperatura do ambiente (termocrômicas). As janelas ativas (eletrocrômicas) usarão pequenas correntes elétricas para

alterar as suas propriedades. Ambos os tipos devem estar disponíveis no mercado americano em 2 a 5 anos”.

Pode-se concluir que não existe um tipo de vidro bom para todos os usos. Muitos materiais estão disponíveis para fins diversos. O projetista pode descobrir que necessita de dois tipos de janelas diferentes devido à diferença de orientação solar. Para instalar o que se adapta melhor deve-se examinar as necessidades de refrigeração e aquecimento e priorizar o que se deseja de luz natural, aquecimento solar, sombreamento, ventilação e valores estéticos.

Embora algumas opções de vidros citadas ainda não sejam encontradas no mercado brasileiro, o seu aparecimento no mercado nacional só depende de demanda.

Lamberts et Alli (1996) realizou uma pesquisa com os dois principais fabricantes brasileiros de vidros (Santa Marina e Blindex Vidros de Segurança Ltda.) e demonstrou que os fabricantes possuem as propriedades relativas ao comportamento dos vidros, frente ao calor (fator solar) e frente à luz (transmissividade visível) e que a diversidade de vidros no mercado é extremamente grande. O fator solar é o somatório da porcentagem transmitida mais a porcentagem absorvida reirradiada para o interior do ambiente.

4.2.7.2 Propriedades relativas ao comportamento dos vidros frente ao calor e à luz no Edifício General Alencastro.

Todas as fachadas externas do prédio possuem vidro duplo, sendo o ANTÉLIO INCOLOR de 5mm e o BRONZE de 3mm, com película PVB interna incolor, com espessura total de 8mm, de fabricação BLINDEX VIDROS DE SEGURANÇA LTDA. Os detalhes de fixação do caixilho são em alumínio anodizado GRAD-FER, na cor preta.

Os dados técnicos fornecidos pelo fabricante PILKINGTON BLINDEX são os seguintes:

- dado AiBI - 53 # 3 mm
- transmissão luminosa para o interior34,7%
- reflexão luminosa para o interior 19,5%
- absorção 49%
- fator solar 49%
- coeficiente de sombra 0,57
- valor U - verão 6,13 W/m².°C
- isolamento acústico 36 Db

Os valores foram calculados seguindo as condições ambientais discriminadas na norma ASHRAE, onde:

Ai = antélio incolor

BI = bronze com PVB incolor

3 mm = face 3, ou seja, a metalização está na face 3, entre a PVB e o vidro de 5 mm de espessura

U = medida de ganho ou perda de calor devido a diferentes temperaturas entre ar externo e ar interno; quanto menor U, melhor isolamento. A cada 1 m² e 1° C de diferença de temperatura externa e interna, passa para o interior 6,13 W.

A tabela 2 apresenta as propriedades dos vidros Antélio - vidro refletivo, e a tabela 3, as propriedades dos vidros Laminex, com película, da Blindex Vidros de Segurança Ltda., ambos utilizados no prédio objeto de estudo.

Tabela 2
Dados das propriedades dos vidros Antélio - vidro refletivo:

Antélio	Vidro Base	Espessura (mm)	Transmissividade	Fator solar
Incolor	Incolor	5	.47	.60
		6	.47	.60
		8	.47	.58
		10	.46	.57
Prata	Incolor	6	.67	.68
		8	.66	.67
Esmeralda	Verde	6	.54	.47
		8	.50	.43
Havana	Bronze	5	.27	.48
		6	.24	.46
		8	.20	.37
Cinza aço	Cinza	6	.29	.52
Cinza	Cinza	5	.27	.49
		6	.24	.47
		8	.19	.43
		10	.15	.40
Verde	Verde	5	.40	.46
		6	.39	.44
		8	.36	.41
		10	.34	.38

Fonte: Blindex Vidros de Segurança Ltda.

Tabela 3
Dados das propriedades dos vidros LAMINEX - duas ou mais lâminas de vidro ou cristal ligadas por uma ou mais películas de polivinil butiral (PVB):

Tipo de vidro	n.º do PVB	Espessura (mm)	Transmissividade (visível)	Fator Solar
Vidro incolor	-	3	.90	.88
Laminado incolor	SL001	6	.89	.77
Laminado verde	377300	6	.73	.70
Laminado bronze	645200	6	.52	.54
Laminado azul	637600	6	.76	.73
Laminado cinza	654400	6	.44	.47

Fonte: Blindex Vidros de Segurança Ltda.

Segundo o fabricante Blindex Vidros de Segurança Ltda., poder-se-ia conseguir uma composição de vidros mais refletiva, no Edifício General Alencastro diminuindo-se o fator solar para até 25%, utilizando-se vidro mais escuro e diminuindo-se a transmissão luminosa até 8%. Porém, o ambiente interno ficaria mais escuro, obrigando a utilização total da iluminação artificial, portanto, as luzes ficariam acesas o tempo todo, consumindo mais energia.

4.2.8 EQUIPAMENTO DE AR CONDICIONADO CENTRAL E ILUMINAÇÃO

Segue-se a descrição e algumas considerações sobre os sistemas de ar condicionado central e de iluminação instalados no prédio objeto de estudo.

4.2.8.1 Descrição do sistema de ar condicionado

Segundo a Heating Cooling Tecnologia Térmica Ltda., firma instaladora do sistema, o ar condicionado instalado no prédio em estudo, é constituído de central de água gelada (CAG) composta de 03 (três) unidades resfriadoras do tipo “water chiller”, 04 (quatro) bombas centrífugas de água gelada, 04 (quatro) bombas centrífugas de água de condensação, 03 (três) torres de resfriamento com 18 (dezoito) condicionadores de ar tipo “fan-coil”, distribuídos dois a dois em cada pavimento dos Blocos A e B.

O sistema ainda é dotado de 01 (um) condicionador tipo “self-contained” resfriado a ar instalado no 1.º subsolo para atender ao auditório localizado no térreo do bloco A; e também um sistema de condicionamento com controle de temperatura e umidade relativa para o CPD localizado no 1.º pavimento, zona 1, composto de 02 (duas) bombas centrífugas, 01 (uma) torre de resfriamento e 01 (um) condicionador do tipo “self-contained” resfriado a água, funcionando de 8:00 às 18:00 horas.

Toda a água gelada produzida na central de água gelada é conduzida para os condicionadores de ar tipo fan-coil, através de tubulações hidráulicas isoladas termicamente com isopor auto-extinguível de 1.1/2” de espessura e revestida em alumínio corrugado e liso na CAG.

O arrefecimento da água de condensação das unidades resfriadoras de água gelada é feito através de torres de resfriamento, sendo as mesmas interligadas através das tubulações hidráulicas e eletrobombas que promovem a circulação entre elas. O controle da temperatura é feito através de termostato de imersão instalado no retorno da água de condensação (entrada do condensador) atuando diretamente sobre as chaves contadoras magnéticas dos motores dos ventiladores das torres de resfriamento que promovem o ligamento e desligamento automático das mesmas, em função da temperatura da água (liga 35° C, desliga 29,5° C).

Para controlar a capacidade das unidades resfriadoras “water chiller” foram instalados termostatos de imersão no retorno da água gelada (entrada do evaporador) atuando diretamente sobre as chaves contadoras magnéticas dos compressores da unidade resfriadora, que promovem o ligamento e desligamento automático das mesmas, em função da temperatura da água escalonando ciclos existentes.

Os condicionadores de ar têm sua distribuição de ar para o ambiente e retorno no caso dos pavimentos térreo dos Blocos A e B através de rede de dutos, confeccionados em chapa do aço galvanizada. O insuflamento se dá através de bocas de ar do tipo “light troffers” acopladas às luminárias através de dutos flexíveis de alumínio isolados termicamente com lã de vidro de 1” (polegada) de

espessura recobertos com sarja plástica. O retorno nos pavimentos-tipos se dá através de abertura no forro e plenum formado pelo forro falso e laje, até as casas de máquinas dos condicionadores. O controle de temperatura dos ambientes é automático, feito através de sensores de temperatura que atuam sobre os servomotores das válvulas de duas vias de controles tipo proporcional, instaladas na rede hidráulica de água gelada dos fan-coils, regulando automaticamente a vazão de água, em função da temperatura do ambiente.

Para o auditório foi instalado um sistema do tipo expansão direta com 01 (um) condicionador de ar do tipo self-contained resfriado a ar. A rejeição do calor é realizada através de um condensador resfriado a ar do tipo acoplado. O controle de temperatura se dá através de sensor de temperatura instalado no retorno do próprio equipamento, que atua diretamente sobre as chaves contadoras magnéticas dos compressores, promovendo o ligamento e desligamento dos mesmos automaticamente em função da temperatura selecionada.

Os sistemas de ventilação e exaustão instalados beneficiam as seguintes áreas:

- dois sistemas que pressurizam o hall das escadas e exaustão das antecâmaras dos blocos A e B;
- um sistema de ventilação para as salas da Central de Água Gelada e do grupo gerador;
- um sistema de ventilação/exaustão para a cozinha do Bloco B.

O insuflamento de ar para os ambientes é através de dutos de chapa de aço galvanizado e plenum formado pelo piso elevado.

A distribuição do ar se dá através de bocas de ar do tipo "ligth troffers" acopladas às luminárias através de dutos flexíveis.

O retorno de ar é feito através das luminárias e plenum formado pelo forro falso e laje até a casa de máquinas, sendo que na parede da casa de máquinas foi instalado um damper corta-fogo que promove o isolamento desta área em caso de incêndio. A taxa de renovação de ar externo é obtida através de duto de chapa de aço galvanizado, instalado no térreo contendo veneziana com tela galvanizada e registro de regulação.

Para garantir a temperatura e umidade relativa durante a ano todo, a instalação é dotada de um sistema de aquecimento e desumidificação através de resistências elétricas montadas em triângulo equilibrado e um sistema de umidificação sendo constituído de resistências elétricas de imersão, tubo difusor de vapor e recipiente alimentador de água. O controle da temperatura é automático e é feito através de sensores eletrônicos de temperatura e umidade do ar dispostos em um painel de controle dentro da casa de máquinas dos condicionadores.

Este sistema controla o acionamento das unidades de ar condicionado em horários pré-programados na central de controle e possibilita o monitoramento do estado de cada unidade (ligado/desligado) dos níveis de água das torres de resfriamento e do estado de operação das bombas e ventiladores associados. Também controla o acionamento/desacionamento do sistema de iluminação do edifício, de acordo com os horários pré-programados pela Central de Controle, com níveis de 0%, 50% e 100% de iluminamento.

a) Equipamentos e fornecedores

A especificação completa está indicada no quadro 5.

Quadro 5

Equipamentos e fornecedores do ar condicionado utilizados no Edifício GeneralAlencastro.

A central de produção de água gelada Chillers, da Hitachi, tem capacidade total de 360 TR (3 unidades de 120 TR);
18 condicionadores de ar do tipo Fan-Coils, verticais, da Hitachi, 380V/3F/60cs, sendo:
<ul style="list-style-type: none"> • 4 com motor 7,5 HP • 11 com motor 5,0 HP • 1 com motor 3,0 HP • 1 com motor 1,5 HP
Condicionador de ar para o auditório, de expansão direta, com condensadores remotos resfriados a ar, da Hitachi, 380V/3F/60cs, sendo:
<ul style="list-style-type: none"> • motor 28,666 KW, 15 TR
4 torres de resfriamento, da SEMCO-BAC, sendo:
<ul style="list-style-type: none"> • 4 com motor 20 HP • 1 com motor 5 HP
Difusores acoplados às luminárias e grelhas em alumínio anodizado, da Trox
12 ventiladores/exaustores, da Higrotec, 380V/660V/3F/60cs, sendo:
<ul style="list-style-type: none"> • 1 com motor 10 HP • 1 com motor 7,5 HP • 1 com motor 5 HP • 1 com motor 3 HP • 4 com motor 2 HP • 4 com motor 0,25 HP
10 bombas hidráulicas para circulação de água de condensação e água gelada, da KSB, 380V/660V/3F/60cs, sendo:
<ul style="list-style-type: none"> • 4 com motor 20 HP • 2 com motor 15 HP • 4 com motor 7,5 HP
Tanques de expansão da Brasilit

4.2.8.2 Descrição do sistema de iluminação

A iluminação do prédio é controlada pelo sistema de automação, através dos mesmos setores divididos para o sistema de ar condicionado. São 6 setores em cada pavimento, de acordo com os quadros elétricos de distribuição. O usuário possui uma senha do seu setor e pode comandar o liga-desliga da iluminação, caso precise, através do telefone.

a) Equipamentos

A potência total instalada de energia no prédio é de 1500 KVA.

Foram usadas 5.000 luminárias do tipo embutir, equipadas com 2 lâmpadas fluorescentes de 40 W, não econômicas, com calha refletora, reator alto fator de potência, partida rápida, 2x40 W. O retorno do ar condicionado se faz através das luminárias. No prédio, ao todo, foram instaladas 10.000 lâmpadas do tipo convencional, de 40 W de potência. Se cada lâmpada fosse substituída pela econômica de 32 W, a economia seria de 8 W, em cada lâmpada, ou seja, a diferença de 40 W para 32 W, perfazendo um total de 80.000 W e segundo O Gerenciamento de Energia Elétrica (1993):

"economia de 48.000.000 m² de área inundada por um lago da hidrelétrica ou área correspondente ao plantio de 5.760.000.000 árvores".

b) Considerações sobre o sistema de iluminação

O projeto é datado de 1990 e não foi modificado, na época da obra em 1994, para serem substituídas as lâmpadas fluorescentes por econômicas. Em novos projetos, é necessário que o sistema de iluminação conte com luminárias, reatores e lâmpadas de alta eficiência e que se utilize o máximo da iluminação natural, buscando sempre a redução do consumo de energia. O sistema de controle automatizado da iluminação auxilia na eliminação de desperdícios.

A boa iluminação é essencial para todo tipo de trabalho contudo, a iluminação excessiva ou inadequada além de prejudicial é custosa. Deve-se lembrar que a iluminação é para as pessoas e não para a edificação. Hoje está provado que um projeto eficiente de iluminação, além de reduzir o consumo de energia, traz aumentos significativos de produtividade.

Segundo Lamberts et Alli (1996):

"O mercado de iluminação é extremamente dinâmico e competitivo, tendo movimentado, no Brasil um bilhão de dólares no varejo no ano de 1993. Mais da metade deste movimento é devido às vendas de lâmpadas, com mais de 420 milhões de unidades comercializadas. Foram vendidos cerca de 14 milhões de reatores para lâmpadas fluorescentes, cujo movimento superou os 140 milhões de dólares. O segmento de luminárias é responsável por mais de 300 milhões de dólares de vendas anuais. Apesar destes valores expressivos, o crescimento do setor ficou bastante prejudicado com o recente período recessivo da economia brasileira e a elevação da carga tributária."

A iluminação com lâmpadas fluorescentes eficientes, mesmo quando acopladas a reatores eletromagnéticos são, em média, 25% mais eficientes que as fluorescentes comuns e possuem características luminosas que permitem grande variedade de aplicações. A utilização destas lâmpadas vem crescendo significativamente no mercado. O diferencial de preço relativamente às fluorescentes comuns é pouco significativo, tornando esta alternativa a melhor opção para novos projetos ou "retrofits" de instalações existentes. Grandes escritórios, bancos, edifícios comerciais, lojas de departamento e congêneres estão utilizando este produto, cuja penetração ainda não é maior devido à desinformação dos consumidores. Segundo Lamberts et Alli (1996), nos Estados Unidos as lâmpadas fluorescentes comuns estão sendo progressivamente retiradas do mercado pela legislação criada em 1992 e a partir de outubro de 1995, a fabricação e importação de lâmpadas fluorescentes comuns estarão proibidas.

Quanto aos reatores eletromagnéticos eficientes, são equipamentos auxiliares eficientes para o perfeito aproveitamento da fonte luminosa. Lâmpadas eficientes podem ter sua eficácia completamente comprometida se os reatores e as luminárias de baixo desempenho forem empregados. A técnica de produção de reatores eficientes está inteiramente dominada pelos fabricantes brasileiros, não se verificando quaisquer impecílios de ordem tecnológica. Não obstante, produtos de baixa qualidade vêm pressionando os preços para baixo, dificultando uma maior penetração de modelos eficientes que empregam projetos e materiais de melhor qualidade. Esta distorção está sendo corrigida com o processo de revisão de normas técnicas e de implantação da certificação, apoiado pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A (ELETROBRÁS) e Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX). Nos EUA esta questão foi resolvida.

4.2.8.3 Considerações sobre os dois sistemas de ar condicionado e iluminação

Uma parte significativa do uso de energia em edificações está associada ao condicionamento de ar e à iluminação. Devido ao clima ameno existente em grande parte do território nacional, a construção de edificações bioclimáticas (adequadas ao clima local) pode resultar em um consumo de energia substancialmente menor. Cabe salientar que é na fase de projeto da edificação que as decisões mais importantes ligadas ao consumo futuro da edificação são aplicadas. Pesquisas importantes vêm sendo conduzidas nas escolas de arquitetura e de engenharia brasileiras para auxiliar os projetistas na elaboração de projetos bioclimáticos. Observa-se, a nível nacional, uma carência muito grande de informações sobre consumo de energia em edificações convencionais e bioclimáticas.

As únicas normas existentes no Brasil são a NBR 5431 e 6401 de 1982, que tratam somente de iluminação e condicionamento ambiental, sem a preocupação de eficiência energética da edificação e a influência da arquitetura e do sistema construtivo. Janda e Busch (1994) *in* Lamberts et Alli (1996) fizeram uma pesquisa em 57 países de diversos continentes, apresentada no quadro 6.

Quadro 6
Países e Normas de Restrição de Consumo de Energia em Edificações.

Possuem leis	Normas	Normas propostas	Sem normas
Bélgica	Jamaica	Hong Kong	Argentina
Grécia	Malásia	Indonésia	Bangladesh
Irlanda	Filipinas	Tailândia	Botswana
Israel	África Do Sul	Austrália	Brasil
Hungria	Canadá	Colômbia	Costa Rica
Singapura	Finlândia	Cote D'ivoire	Djibouti
Chile	Paquistão		Índia
China	Romenia		Irã
Tchecoslováquia	Arábia Saudita		México
Dinamarca	Antiga Ussr		Nicarágua
França	Estados Unidos		Paraguai
Alemanha			Uruguai
Itália			Venezuela
Japão			
Coréia			
Kuwait			
Holanda			
Nova Zelândia			
Noruega			
Polônia			
Portugal			
Espanha			
Suécia			
Suíça			
Turquia			
Inglaterra			
Iugoslávia			

Fonte: Janda e Busch, 1994

Pode-se observar que 27 países possuem leis de restrições de consumo de energia elétrica em edificações novas, 11 deles possuem normas, em 6 deles as normas estão sendo propostas e em 13 deles não há normas, incluindo neste grupo o Brasil.

Uma revisão dos métodos de simulação do consumo de energia em edificações pode ser obtido no capítulo 28 do Fundamentals Handbook (ASHRAE, 1993). Devido à grande e constante variação dos fatores internos e externos que determinam as cargas térmicas em edifícios comerciais, as simulações horárias são as recomendadas para a obtenção de uma maior precisão no consumo anual de energia. O desenvolvimento destes modelos têm sido constante desde a crise

de energia de 73 e uma revisão dos avanços em simulação térmica de edifícios pode ser encontrada em Mendes e Lamberts (1994).

Os programas de simulação horária mais utilizados no mundo são:

- DOE2.1E
- BLAST
- ESP-r
- TRNSYS

O PROCEL realizou 600 “Diagnósticos Energéticos” em todo o Brasil.

O software utilizado para a realização destes diagnósticos foi o MARK IV, software desenvolvido pela ELETROBRÁS, concessionárias e controladas. Os resultados destes diagnósticos poderiam ser utilizados para a criação de banco de dados de intensidade de consumo e potência por área construída para as várias regiões climáticas brasileiras. Entretanto, até o presente, estes resultados ainda não foram divulgados.

O consumo de energia elétrica assume, portanto, um papel de destaque nos projetos de edificações, principalmente nos novos projetos. O custo crescente deste insumo, aliado aos investimentos necessários à sua produção, tornam a energia elétrica um parâmetro fundamental de planejamento. E, sem dúvida alguma, é papel do projetista (arquiteto ou engenheiro) considerá-lo como um dos itens de projeto. Porém, não se pode esquecer os envolvidos no prédio como o empreendedor, o incorporador, a construtora, o investidor e o usuário final. É importante lembrar que, segundo o Uso Racional de Energia Elétrica em Edificações (1992):

“o metro quadrado de construção custa cerca de US\$ 250, enquanto que para suprir este mesmo edifício em energia elétrica, o setor energético (e por consequência a sociedade) investe cerca de US\$ 400/m².”

A necessidade de se implementar programas de conservação de energia e uso racional de energia elétrica, visando a sua economia, é muito importante.

Uma parcela substancial da energia elétrica consumida nos edifícios comerciais é destinada aos usos comuns, tais como: ar condicionado, iluminação,

bombeamento de água, transporte em elevadores. Outra parcela é destinada ao uso dos equipamentos de escritório, como o computador. O potencial de economia de energia elétrica é significativo na utilização destes equipamentos “energy saver”. O consumo anual médio de energia dos equipamentos de escritório está indicado no quadro 7.

Quadro 7
Consumo anual médio de energia em equipamentos de escritório.

Microcomputadores 300 kWh/ano
Impressoras laser 180 kWh/ano
Copiadoras 1600 kwh/ano
Fax 150kWh/ano
<ul style="list-style-type: none"> Em uma medição simplificada realizada no CEPEL (Aguar 1995), uma copiadora Xerox X573 115V 60Hz 1380W apresentou os seguintes resultados:
Partida 19W
Standby: sem função “conservando energia” 390W, com função “conservando energia” 187W
Tirando cópias 1 Wh por cópia
<ul style="list-style-type: none"> O consumo estimado para 22 dias úteis e 7000 cópias/mês é de 85 kWh sem função “conservando energia” e 44 kWh com função “conservando energia”. Apenas 7kWh são gastos para tirar as cópias ou seja 8.2% no primeiro caso e 15.9% no segundo caso.

Fonte: American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE, 1993)

Como no Edifício General Alencastro o trabalho é realizado com equipamentos de escritórios, na sua totalidade, a necessidade de se utilizar equipamentos “energy saver” é fundamental no consumo de energia.

Alguns dados significativos foram relacionados pelo Gerenciamento de Energia Elétrica (1993), elaborado pelas Cice's (Comissões Internas de Conservação de Energia) em campanha aos órgãos públicos do GDF (Governo do Distrito Federal), a título de informação:

- o ar condicionado é responsável por 50% do consumo de energia elétrica;
- a iluminação é responsável por 40% do consumo de energia elétrica pelo setor de comércio e serviços;
- cada watt de energia elétrica gasto representa 600 m² de área inundada por um lago de hidrelétrica;
- 600 m² de área corresponde ao plantio de 120 árvores;

- a iluminação consome $\frac{1}{4}$ de toda a energia elétrica produzida no Brasil;
- uma lâmpada de 60 W acesa durante 1 minuto consome 1 Wh;

Segundo o Gerenciamento de Energia Elétrica (1993), as áreas de atuação do programa de gerenciamento de energia elétrica são:

- compras, que envolvem a especificação dos equipamentos;
- projetos, que envolvem maior aproveitamento da luz natural, novas tecnologias, especificações de aparelhos mais eficientes;
- manutenção, que envolve adequados procedimentos;
- treinamento, que envolve as áreas que trabalham diretamente com o uso da energia e divulgação dos procedimentos mais adequados ao menor consumo.

Sobre o conteúdo das normas, o resultado da pesquisa de Janda e Busch (1994) in Lamberts et Alli (1996) aponta que:

“A maioria dos países combinam exigências prescritivas e de desenvolvimento no projeto de suas normas. Conservação de energia foi o objetivo principal na maioria dos países. Quase todos os países indicaram que sem normas de energia incorporam prescrições para o envelope da construção que influenciam escolhas de projeto para a cobertura, paredes e janelas. Em uma extensão menor, prescrições mecânicas e de iluminação também ocorrem nas normas. Seis dos países pesquisados contemplaram o controle de iluminação e a densidade de potência com prescrições. Onze países apresentaram prescrições para eficácia de iluminação. Três países continham a iluminação em norma separada”.

Nos processos de desenvolvimento das normas, Janda e Busch (1994) in Lamberts et Alli (1996) observaram que:

“... as normas da ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers) foram utilizadas como material de apoio para as normas de Hong Kong, Jamaica, Arábia Saudita, Singapura, Tailândia, Filipinas e Malásia. A norma jamaicana serviu de apoio para a norma da Costa do Marfim, e a norma inglesa foi referida pela norma de Hong Kong”.

APÊNDICE

EQUIPE TÉCNICA DOS PROJETOS DE ARQUITETURA E INSTALAÇÕES E MATERIAIS UTILIZADOS NO EDIFÍCIO GENERAL ALENCASTRO

- Coordenação geral dos projetos de arquitetura, luminotécnica, paisagismo, instalações e especificações: Sérgio Teperman Arquitetos SCL (arquitetos Angélica Ludovici, Gabriella Porto, Márcio Mazza, Paulo Lepage, Sérgio Teperman, Susete Taborda).
- Projeto de estrutura: César Pereira Lopes SCL.
- Projeto de instalações: CD Engenharia.
- Projeto de fundações: Mag Projesolos / Consultrix.
- Projeto de ar condicionado, ventilação e exaustão: Arcoplan.
- Construção: Hochtief do Brasil (engenheiros responsáveis Humberto Reale e Victor Koga).
- Fiscalização: Sistel.
- Estrutura metálica: Embra.
- Esquadrias de alumínio: Grad-Fer.
- Vidros: Blindex Vidros de Segurança Ltda.
- Anodização: Olga Color.
- Parafusos: Bollhoff.
- Gaxetas: Beta Borrachas.
- Vulcanização: Pereira Júnior.
- Automação e administração: Mark - Building.
- Divisórias: Escriba (baixas) e L'Atelier (altas).

Projeto de Arquitetura premiado na II Bienal Internacional de Arquitetura realizada no IAB - Brasília, de 17 de abril a 01 de maio de 1998, como “obra concluída na categoria de edificação com mais de 750 m²”.

Capítulo V

Procedimentos do estudo e resultados

CAPÍTULO V

5. PROCEDIMENTOS DO ESTUDO E RESULTADOS

Para atingir os objetivos e testar as hipóteses, foram escolhidos os ambientes de estudo, foram programadas as medições de temperatura e umidade relativa do ar dos ambientes selecionados no Edifício General Alencastro e foram analisados o desempenho térmico e luminoso desses ambientes, por meio da técnica de avaliação pós-ocupação.

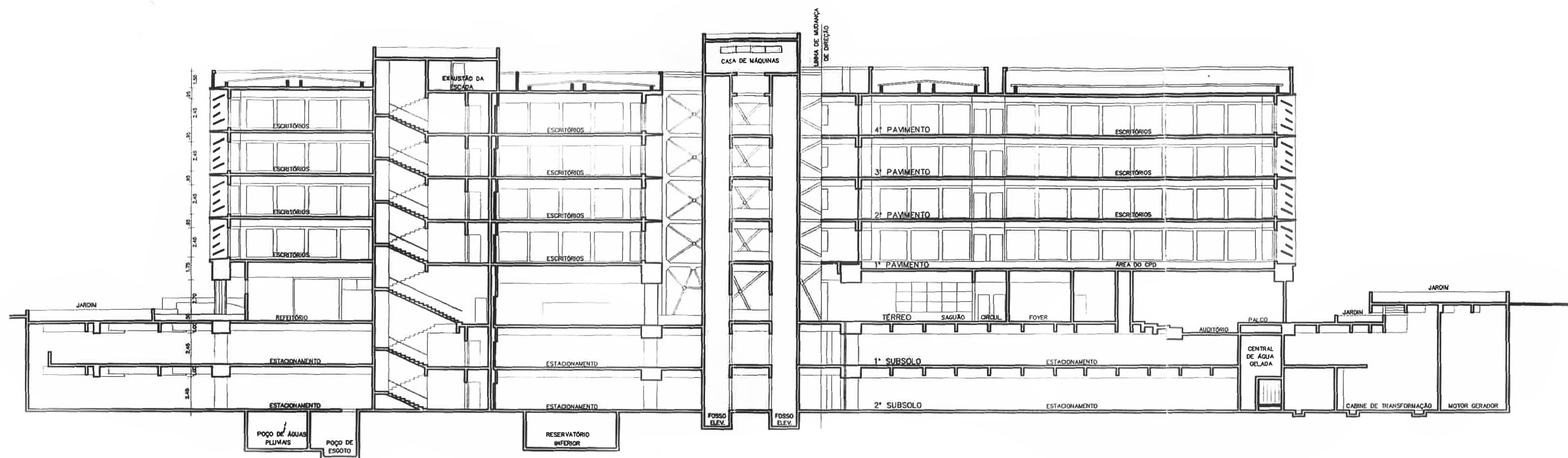
5.1 ESCOLHA DAS SALAS ANALISADAS

Foram escolhidas quatro salas, com orientação solar diferentes (OESTE, NORTE, SUL e LESTE) e o hall central, todos localizados nos 3º e 4º pavimentos-tipo, como mostram as figuras 20 e 25. Todos os ambientes são condicionados artificialmente.

Segue-se a figura 35 mostrando a carta solar estereográfica para Brasília, com a descrição de cada ambiente.

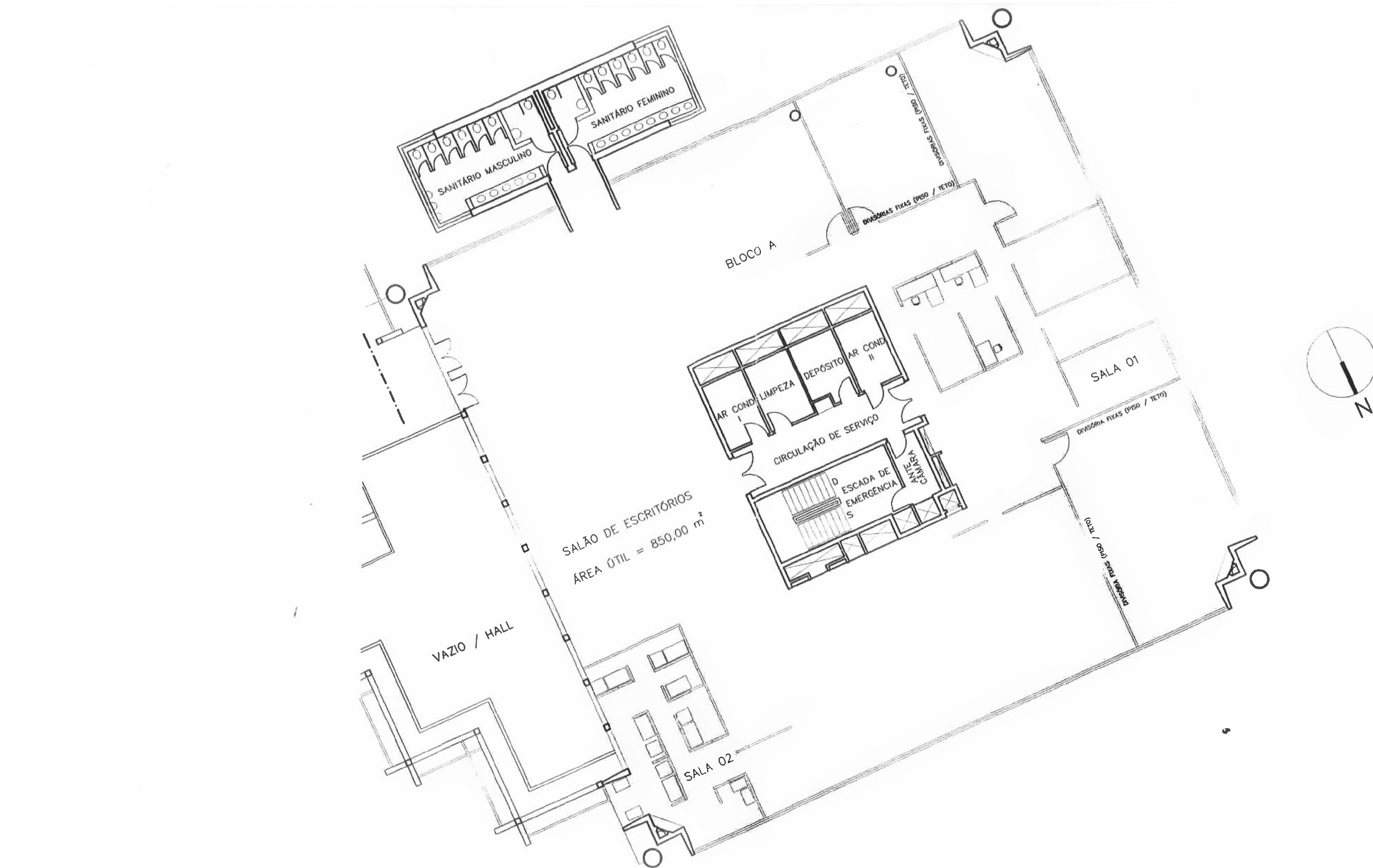
SALA 1

A sala 1, com área de 16,73 m², localiza-se no 4.º pavimento, fachada OESTE, com incidência direta do sol à tarde (sala da superintendência setor C, assessor) (ver figura 20). Nela trabalham 3 pessoas. O piso é em carpete e a divisória é em tecido rosa, com 1,60m de altura. Os móveis são em madeira clara e a persiana é horizontal preta. O teto é com forro acústico, na cor branca. O pé-direito é de 2,45m.



ED. GENERAL ALENCASTRO
 PROJETO ORIGINAL
 CORTE AA
 FIGURA 15





ED. GENERAL ALENCASTRO
BLOCO A / SALA 01 E 02
4º PAVIMENTO
Figura 20

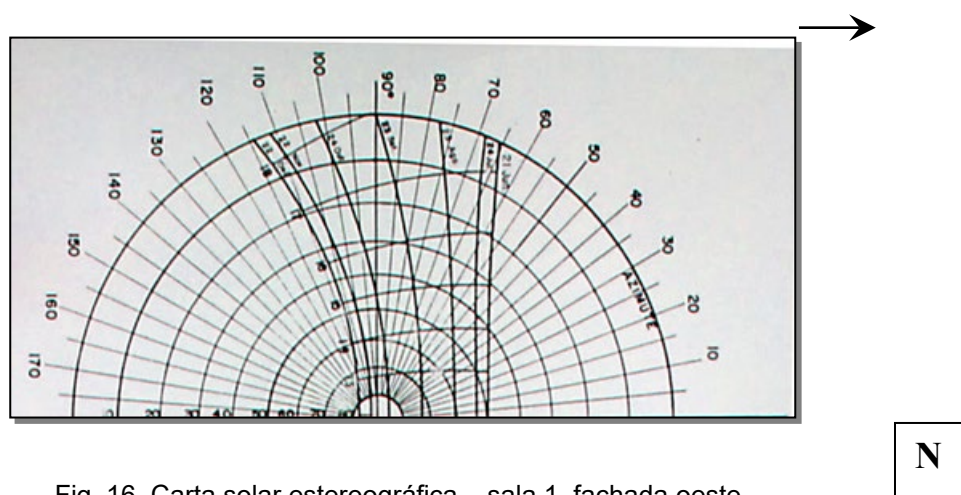


Fig. 16. Carta solar estereográfica – sala 1, fachada oeste.



Fig. 17. Foto do ambiente interno da sala 1, fachada oeste, do Edifício General Alencastro.



Fig. 18. Foto do ambiente interno da sala 1, fachada oeste, do Edifício General Alencastro.



Fig. 19. Foto do ambiente interno da sala 1, fachada oeste, do Edifício General Alencastro.

SALA 2

A sala 2, com área de 58,15 m², localiza-se no 4.º pavimento, fachada NORTE, com incidência solar de março a setembro, durante todo o dia (Divisão da OSM – Setor E, Gerente) (ver figura 20). Nela trabalham 6 pessoas. O piso é em carpete e a divisória é em tecido rosa, com 1,60m de altura. Os móveis são em madeira clara e fórmica e a persiana é horizontal preta. O teto é com forro acústico, na cor branca. O pé-direito é de 2,45m

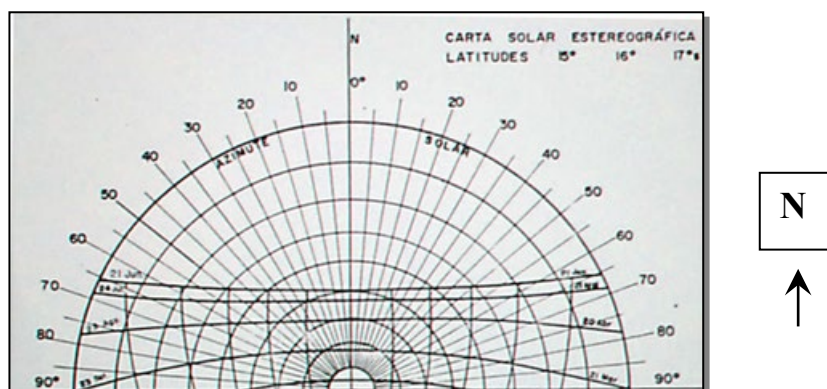


Fig. 21. Carta solar estereográfica – sala 2, fachada norte.



Fig. 22. Foto do ambiente interno da sala 2, fachada norte, do Edifício General Alencastro.



Fig. 23. Foto do ambiente interno da sala 2, fachada norte, do Edifício General Alencastro.

SALA 3

A sala 3, com área de 99,0 m², localiza-se no 3.º pavimento, fachada SUL, com incidência solar de novembro a janeiro, durante todo o dia, e de outubro a fevereiro, no início da manhã e início da tarde (Setor B – Divisão de Benefícios) (ver figura 25). Nela trabalham 7 pessoas. O piso é em carpete e a divisória é em tecido rosa, com 1,60m de altura. Os móveis são em fórmica e a persiana é horizontal preta. O teto é com forro acústico, na cor branca. O pé-direito é de 2,45m.

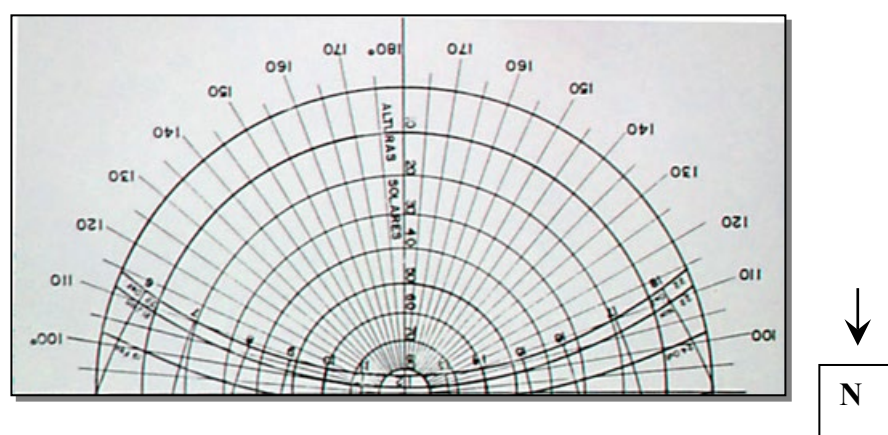


Fig. 24. Carta solar estereográfica – sala 3, fachada sul.



Fig. 26. Foto do ambiente interno da sala 3, fachada sul, do Edifício General Alencastro.



Fig. 27. Foto do ambiente interno da sala 3, fachada sul, do Edifício General Alencastro.



Fig. 28. Foto do ambiente interno da sala 3, fachada sul, do Edifício General Alencastro.

SALA 4

A sala 4, com área de 87,0 m², localiza-se no 3.º pavimento, fachada LESTE, com incidência direta do sol pela manhã (Setor de Contas Correntes e Suporte – BBTUR)(ver figura 25). Nela trabalham 8 pessoas. O piso é em carpete e a divisória é em tecido azul, com 1,60m de altura. Os móveis são em madeira e a persiana é horizontal preta. O teto é com forro acústico, na cor branca. O pé-direito é de 2,45m.

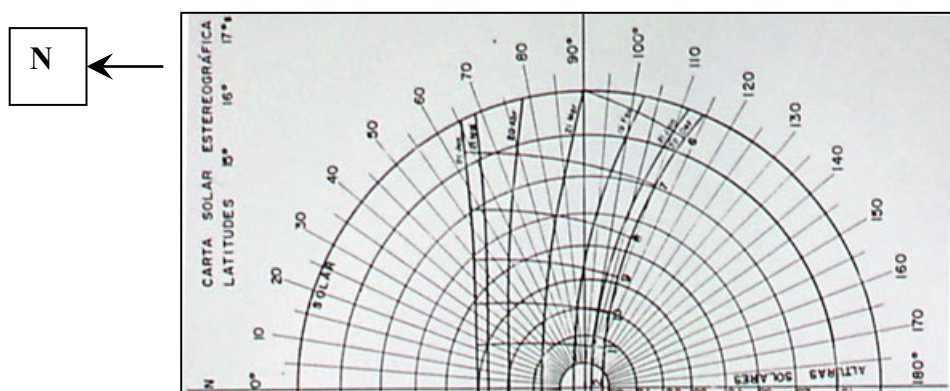
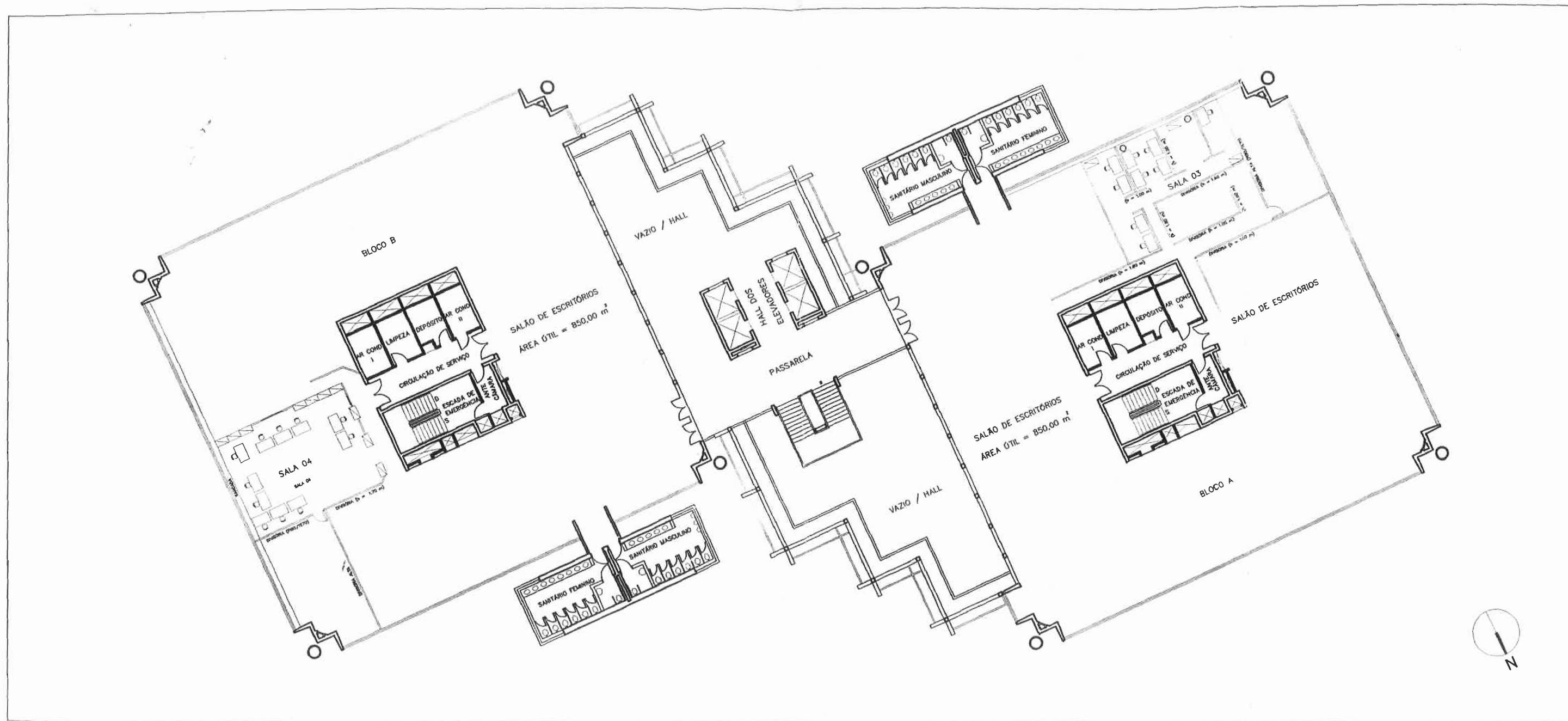


Fig. 29. Carta solar estereográfica – sala 4, fachada leste.

DIVISA LATERAL DO TERRENO – COMPRIMENTO: 120.00m

VIA W 4 SUL 702 – LARGURA: 55.00m



VIA W 5 SUL 702 – LARGURA: 55.00m

DIVISA LATERAL DO TERRENO – COMPRIMENTO: 120.00m



ED. GENERAL ALENCASTRO
SALAS 03 E 04
3º PAVIMENTO
FIGURA 25



Fig. 30. Foto do ambiente interno da sala 4, fachada leste, do Edifício General Alencastro.



TINY-

Fig. 31. Foto do ambiente interno da sala 4, fachada leste, do Edifício General Alencastro.



Fig. 32. Foto do ambiente interno da sala 4, fachada leste, do Edifício General Alencastro.

HALL DOS ELEVADORES E ESCADA:

O 5.º ambiente é central no 3.º pavimento, situado no hall dos elevadores e da escada que atendem aos dois blocos A e B. O piso e as paredes são de granito. O teto é com forro acústico, na cor branca. O pé-direito é de 2,45m. Não há incidência direta do sol. Ver fotos nas figuras 33 e 34.



Fig.33. Foto do ambiente interno do Hall dos elevadores e escada.



Fig.34. Foto do ambiente interno do Hall dos elevadores e escada.

A Carta Solar mostra o percurso do sol para a latitude 16° S.

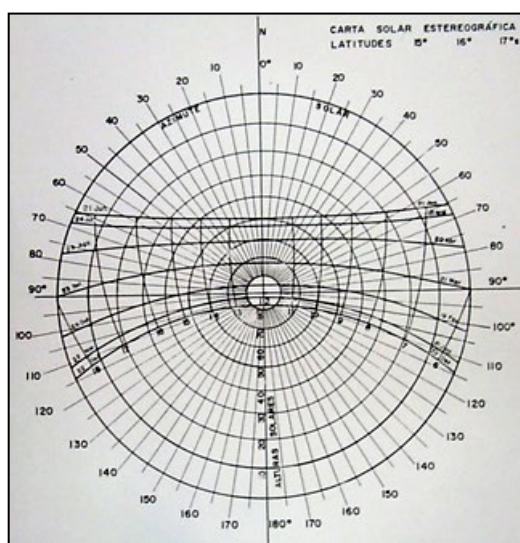


Fig. 35. Carta solar estereográfica – latitude 16° S.

5.2 ESCOLHA DOS INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO

Foram escolhidos os aparelhos “TINY-TAG”, TEMPERATURE LOGGER, para temperatura do ar e RH LOGGER, para umidade relativa do ar, fabricados por Hawco Refrigeration Ltda., com capacidade de armazenar 7900 leituras. Os resultados das leituras são apresentados em forma de gráficos, de resumos e de tabelas das leituras, conforme exemplo no Apêndice. Ver figuras 36 e 37.

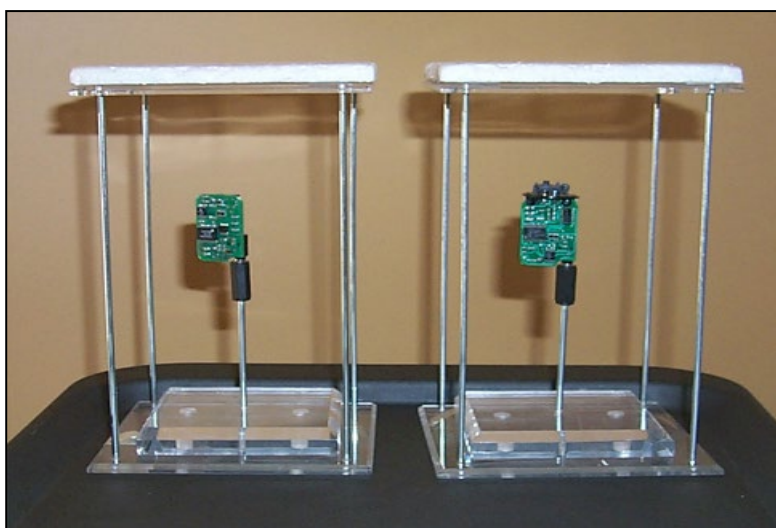


Fig. 36. Foto do Sensor TINY-TAG data loggers no abrigo de proteção

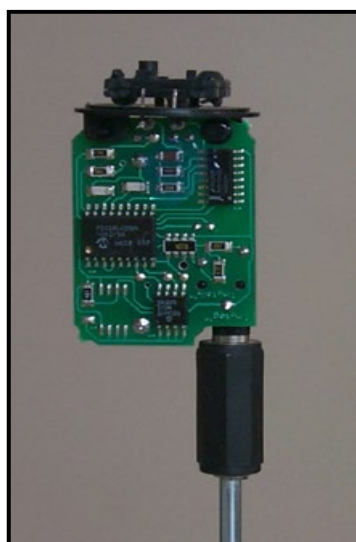


Fig. 37. Foto do Sensor TINY-TAG.

Inicialmente foi feito um pré-teste e verificadas diferentes temperaturas em diversos ambientes internos dos pavimentos do prédio. Este pré-teste indicou que o sistema de ar condicionado, provavelmente, não estava funcionando adequadamente porque algumas salas apresentaram temperatura baixa de 21,3°C, outras apresentaram temperatura normal, considerada confortável, de 24°C e outras apresentaram temperatura alta de 27,7°C. Foi constatado desconforto térmico em alguns ambientes com temperatura variando de 21,3°C até 27,7°C, portanto 6,4° C de diferença, e atribuído ganho de calor solar da edificação, com sistema de condicionamento de ar central em funcionamento. As medições foram programadas a cada minuto no dia 11 de novembro de 97, das 10:07'37" às 10:49'37". O dia foi de sol.

As medições foram feitas percorrendo-se diversos locais do prédio, que estão relacionados a seguir, de acordo com os horários:

10h 07 min - Portaria no pavimento térreo
10h 09 min - Administração no pavimento térreo
10h 15 min - Diretoria Comercial no 4.º pavimento
10h 18 min - GECON no 4.º pavimento - Bloco B (BBTUR) - fachadas norte, leste, sul
10h 21 min - SEPAD no 4.º pavimento - Bloco B (BBTUR)
10h 25 min - Halo de elevador e da escada no 4.º pavimento
10h 27 min - Superintendência Setor C no 4.º pavimento, fachada oeste
10h 30 min - Assessoria Jurídica
10h 38 min - Coordenador Setor C – 3.º pavimento - Bloco B (GEAP)
10h 43 min - Hall do elevador no pavimento térreo
10h 46 min - Administração no pavimento térreo

Os resultados estão indicados no gráfico da figura 38.

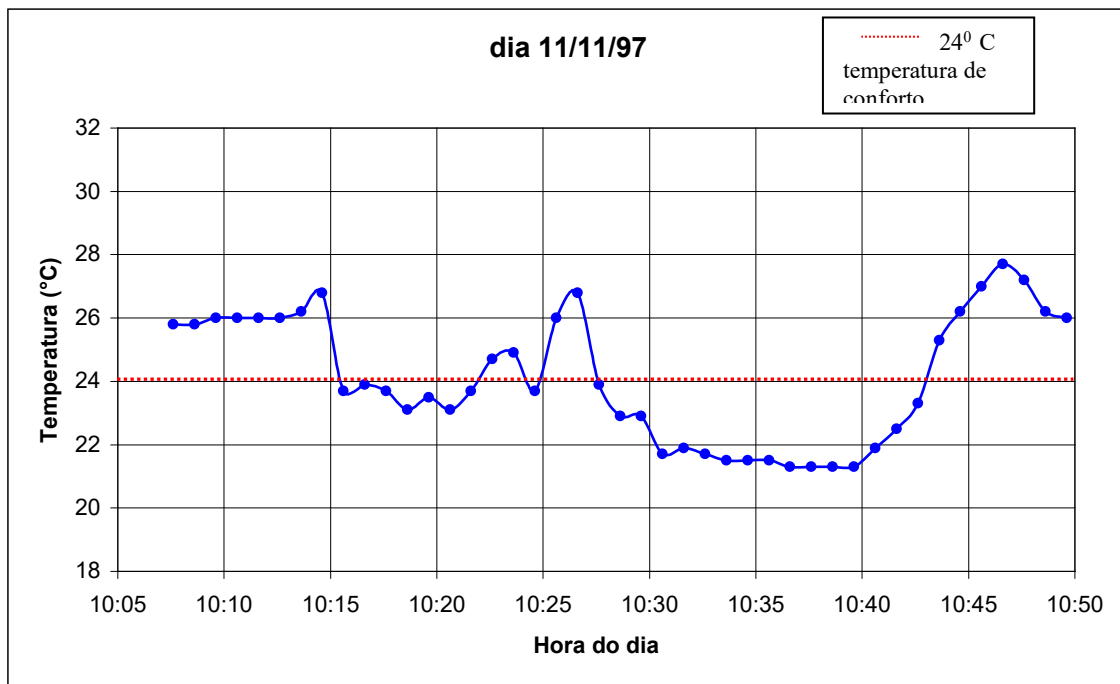


Fig. 38. Gráfico das medições de temperatura do ar no dia 11/11/97 (TINY TAG)

Os instrumentos foram aferidos no dia 05 de março de 1998 com os instrumentos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), em Brasília. O INMET utiliza o PSICRÔMETRO composto de dois termômetros, que registram a temperatura seca e úmida do ar, de hora em hora, e a máxima e a mínima do dia, em graus Centígrados. A umidade relativa do ar é calculada pelo INMET a partir das leituras da temperatura do ar registradas pelo Psicrômetro de bulbo seco e úmido. Entre 0 horas e 6 h o INMET não faz anotação dos dados de seus aparelhos. A precisão da leitura dos termômetros, segundo o INMET, é de 0,1 de grau.

O PSICRÔMETRO permite a leitura da temperatura externa e está instalado no abrigo meteorológico, que o protege das radiações do sol, do céu e da terra, segundo o INMET. O abrigo é em alvenaria cor branco, para permitir superfície bastante refletora, mede 1,00 x 1,00 m, altura de 2,50 m e tem paredes em veneziana para permitir a circulação do ar. A edificação mais próxima é afastada e está assentado sobre grama.



Abrigo
meteorológico

Fig. 39. Foto da localização do abrigo meteorológico no INMET.



Fig. 40. Foto do abrigo meteorológico no INMET.



Fig. 41. Psicrômetro no interior do abrigo meteorológico.

Os resultados da aferição no dia 05/03/98 estão indicados na tabela 4.

Tabela 4

Dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, no dia 05/03/98, registrados pelo TINY-TAG e pelo INMET.

Horário	Temperatura do ar (° C)		Umidade Relativa do ar (%)	
	TINY-TAG	INMET	TINY-TAG	INMET
10:00	27,4	25,5	63,6	65
11:00	26,6	27,0	58,2	56
12:00	27,9	27,0	52,8	54
13:00	28,1	28,2	50,2	52
14:00	29,0	28,4	44,0	44
Mínima do dia	25,5	25,5	40,3	44
Máxima do dia	29,6	28,4	66,4	65
Média do dia	27,3	26,4	54,9	54,5

A aferição não foi satisfatória porque o INMET faz os registros em hora cheia e só obtivemos cinco horários coincidentes. Programou-se, então, para os dias 23 e 24 de abril de 1998 (quinta e sexta-feira). Os dias foram de sol, sem nebulosidade e sem precipitação.

Foram programadas 60 leituras, com intervalos de 30 minutos. Foi feita a aferição entre os aparelhos TINY-TAG e o PSICRÔMETRO, novamente no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

A aferição foi satisfatória porque foram vinte e quatro horários coincidentes, nos dois dias. As médias registradas pelo INMET foram 54,5% e 26,9° C e pelo TINY-TAG foram 54,9% e 27,3° C. A diferença entre os dois aparelhos foi mínima, de 0,2% a 4,1% para umidade relativa do ar e de 0,1° C a 0,6° C para temperatura do ar.

Os resultados estão na tabela 5 e figuras 42 e 43.

Tabela 5

Dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, nos dias 23/04/98 e 24/04/98, registrados pelo TINY-TAG e pelo INMET.

DIA	TEMPERATURA (° C)		UMIDADE RELATIVA (%)	
HORÁRIO	TINY-TAG	INMET	TINY-TAG	INMET
23/04				
7:00	20,0 mínima	20,1 mínima	81,0 máxima	79,0
8:00	21,1	21,1	78,0	75,0
9:00	22,7	22,8	70,7	67,0
10:00	23,9	23,9	67,8	68,0
11:00	24,1	24,1	66,4	64,0
12:00	25,5	25,1	62,2	59,0
13:00	26,8	26,6	54,2	54,0
14:00	27,2 máxima	27,3 máxima	54,2	54,0
15:00	27,0	26,8	51,5	52,0
16:00	27,2	27,1	50,2 mínima	49,0 mínima
17:00	26,6	26,2	51,5	53,0
18:00	25,3	25,2	55,5	57,0
19:00	24,1	23,5	63,6	66,0
20:00	23,5	23,1	67,8	69,0
21:00	23,1	22,5	67,8	72,0
22:00	22,5	22,0	70,7	72,0
23:00	21,1	20,8	78,0	82,0 máxima
24/04				
7:00	19,4 mínima	19,7 mínima	84,1 máxima	80,0 máxima
8:00	21,9	22,2	72,2	70,0
9:00	23,5	23,5	67,8	65,0
10:00	25,5	25,3	62,2	61,0
11:00	26,2	26,1	58,2	56,0
12:00	26,8 máxima	26,7 máxima	54,2 mínima	53,0 mínima

A tabela anterior indica os dados registrados pelos dois aparelhos, durante o período de medição, apresentando os valores de máximas e mínimas praticamente coincidentes nos mesmos horários, divergindo somente a umidade relativa máxima do dia 23/04/98.

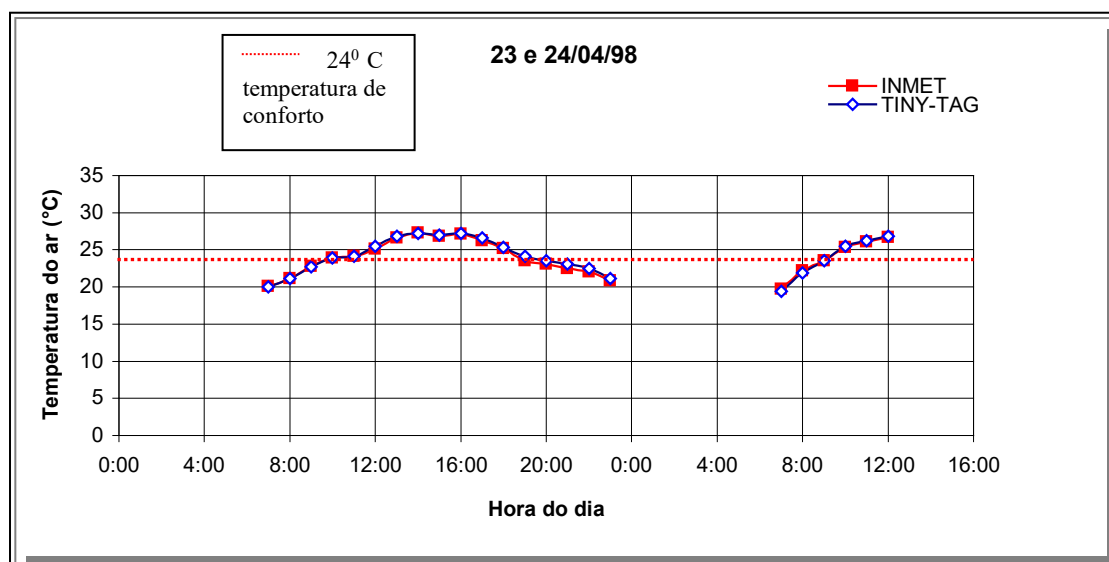


Fig. 42. Gráfico da temperatura do ar/ hora dia 23 e 24/04/98.

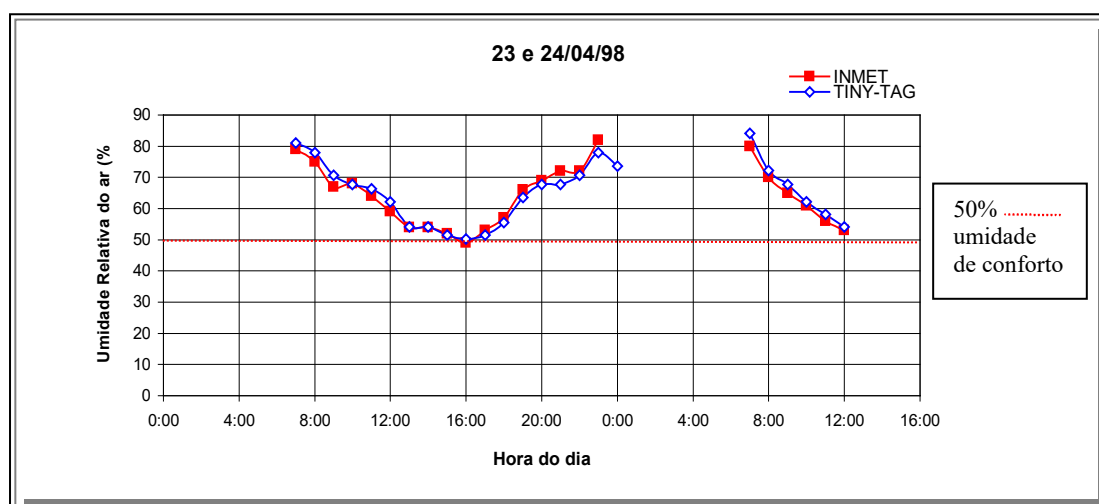


Fig. 43. Gráfico da umidade relativa do ar/ hora dia 23 e 24/04/98.

Pode-se concluir que as leituras feitas pelos aparelhos TINY-TAG são bastante precisas, podendo ser consideradas confiáveis para utilização na pesquisa.

5.3 MEDIÇÕES E RESULTADOS

5.3.1 MEDIÇÕES

Foram realizadas medições com os aparelhos TINY-TAG, no Edifício General Alencastro, no período seco de Brasília. As datas foram as seguintes: 01 a 08/05/98, 13/05/98, 20 a 26/06/98, 27/08/98 e 15 a 18/09/98, medições internas e 15/05/98 e 26/08/98 medições externas. Nestas datas, anotou-se os resultados de temperatura e umidade relativa do ar externos obtidos pelos aparelhos localizados no INMET.

Como norma do Edifício General Alencastro, nos dias úteis, liga-se a Central de Ar Condicionado às 7h15min e os fan-coils, às 7h30min e desliga-se às 17h30min. No mês de agosto, a central passou a ser desligada às 18h. Aos sábados, domingos e feriados a central fica desligada por todo o dia e todos os ambientes internos devem permanecer com as janelas fechadas.

5.3.1.1 Medições da temperatura do ar e da umidade relativa do ar do dia 01/05/98 ao dia 08/05/98 (medições internas).

As 330 leituras foram feitas pelos aparelhos TINY-TAG, com intervalos de 30 minutos.

Os dias 01, 02, 03, 04 e 05/05 (sexta a terça-feira) apresentaram condições de céu claro, sem nebulosidade, sem precipitação e foram considerados muito quentes. No dia 06/05 (quarta-feira) às 12 horas houve nebulosidade parcial e às

16 h choveu gelo. O dia 07/05 (quinta-feira) apresentou céu nublado, manhã fria, sem precipitação até às 12 h. O restante do período e o dia 08/05 (sexta-feira) apresentaram céu claro, sol, sem nebulosidade e sem precipitação.

Os aparelhos foram colocados na sala 1 no dia 01/05 e permaneceram até o dia 05/05.

Foram retirados e colocados na sala 2 no dia 05/05 às 20h. Foram retirados e colocados na sala 3 no dia 06/06 às 19h45min. Foram retirados e colocados na sala 4 no dia 07/05 às 18h40min e foram retirados no dia 09/05 às 10h. No Hall não foi possível deixar os aparelhos, por motivo de segurança.

5.3.1.2 Medições da temperatura do ar e da umidade relativa do ar para 13/05/98, quarta-feira (medições internas).

O dia apresentou condições de céu claro, sem nebulosidade, sem precipitação e foi considerado quente.

Foram realizadas 440 leituras nos aparelhos TINY-TAG, com intervalos de 2 minutos. O critério foi medir as salas e o hall às 8, 11, 14, 17 e 20 horas, permanecendo com os instrumentos 5 minutos em cada um dos ambientes.

Além dos cinco ambientes, às 8h55min foi feita medição no Setor do Serviço Médico, localizado no térreo, na fachada leste. O ar condicionado neste ambiente tem controle independente do sistema de ar condicionado utilizado nos andares. O piso do setor é em granito e as divisórias são altas (de piso a teto) em fórmica clara. Os aparelhos permaneceram durante 6 minutos no Setor.

5.3.1.3 Medições feitas no dia 15/05/98 (medições externas).

Foram realizadas 440 leituras nos aparelhos TINY-TAG, com intervalos de 2 minutos. O critério foi medir as quatro fachadas externas (oeste, norte, sul e leste) durante 5 minutos em cinco horários (8,11,14,17 e 20 h). Ver fotos nas figuras 44 a 47.



Fig.44. Foto da fachada oeste do Edifício General Alencastro.



Fig. 45. Foto da fachada norte do Edifício General Alencastro.



Fig. 46. Foto da fachada sul do Edifício General Alencastro.



Fig.47. Foto da fachada leste do Edifício General Alencastro.

Os resultados obtidos de temperatura e umidade relativa do ar foram desprezados porque a leitura da umidade relativa do ar foi impressa com dois resultados diferentes. Não se sabe qual foi o problema. Portanto, não se tem as medições externas corretas.

5.3.1.4 Medições realizadas de 20 a 26 de Junho de 1998 (medições internas).

Foi realizada na semana de 20 a 26 de junho de 98 (sábado a sexta-feira), data escolhida por causa do dia mais curto do Hemisfério Sul, que é 21/ 22 de junho, devido à influência da trajetória aparente do sol.

Todos os dias foram considerados quentes, com condições de céu claro, sol, sem nebulosidade, sem precipitação e percebeu-se a presença constante do vento.

Foram feitas 440 leituras nos aparelhos TINY-TAG, com intervalos de 30 minutos.

As leituras começaram sábado, dia 20/06 e terminaram quinta-feira, dia 25/06. Os aparelhos ficaram, aproximadamente, um dia em cada uma das quatro salas.

Os aparelhos foram colocados dia 21/06, domingo, na sala 1, fachada oeste, estando o sistema de ar condicionado desligado e as janelas estavam fechadas.

Os aparelhos permaneceram na sala 1, no dia 22/06, segunda-feira, estando o sistema de ar condicionado ligado.

Os aparelhos foram colocados na sala 2, fachada norte, dia 23/06, terça-feira, às 19h45min.

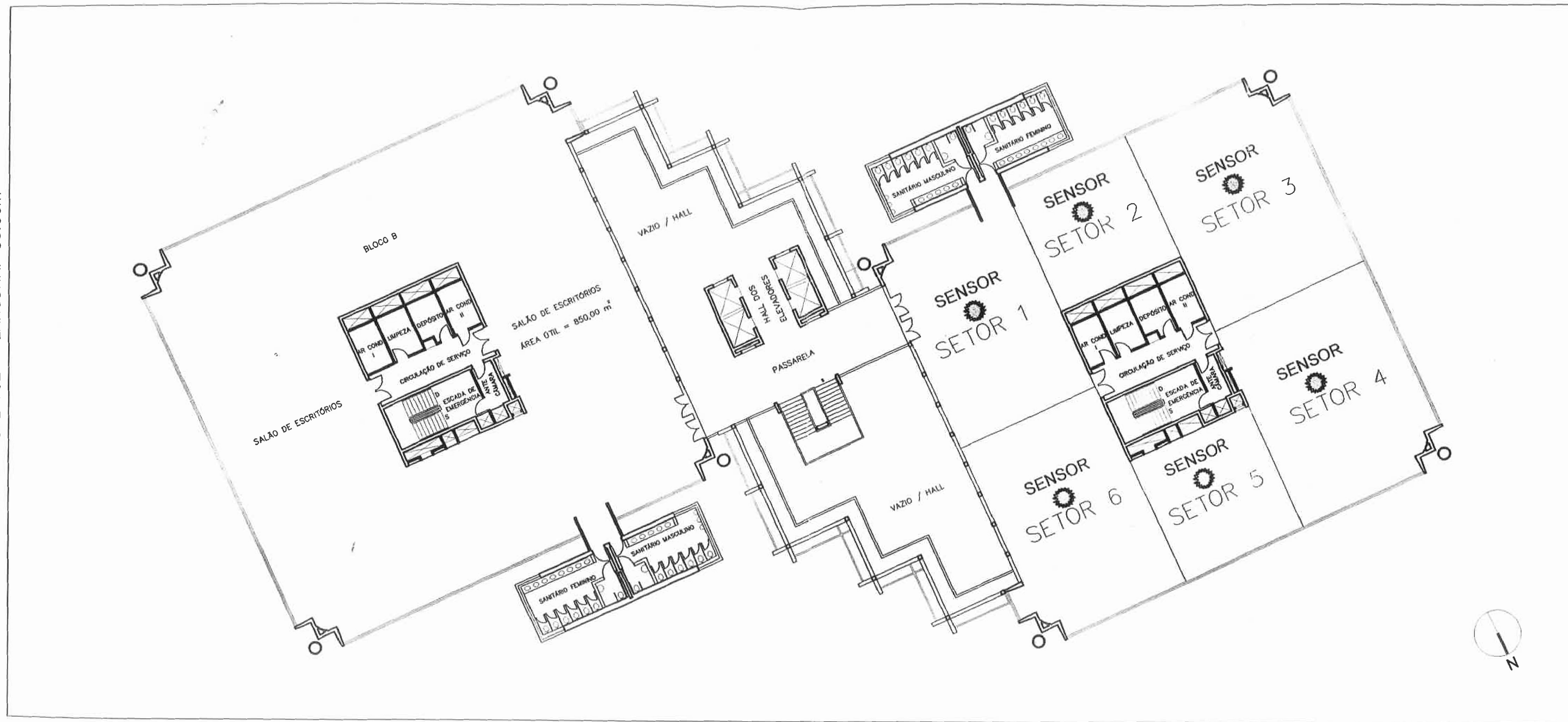
Os aparelhos foram colocados na sala 3, fachada sul ,dia 24/06, quarta-feira, às 7h15min.

Os aparelhos foram colocados na sala 4, fachada leste, dia 25/06, quinta-feira, às 18h20min.

Os aparelhos permaneceram nos mesmos cinco ambientes, no dia 26/06, sexta-feira, durante seis minutos em cada ambiente. Foram programadas 800 leituras, com intervalo de 1 minuto. Os horários foram às 8, 11, 14 e 20 h.

VIA W 4 SUL 702 - LARGURA: 55.00m

DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120.00m



DIVISA LATERAL DO TERRENO - COMPRIMENTO: 120.00m

VIA W 5 SUL 702 - LARGURA: 55.00m

0 1 5 10 m

ED. GENERAL ALENCASTRO
LOCALIZAÇÃO DOS SENSORES DE TEMPERATURA
3º E 4º PAVIMENTOS
FIGURA 48

5.3.1.5 Medidas realizadas nos dias 26/08/98(medições externas) e 27/08/98 (medições internas), quarta e quinta-feira.

Os dias foram considerados quentes, com condições de céu claro, sem nebulosidade, sem precipitação e percebeu-se a presença do vento.

Foram realizadas 6000 leituras nos aparelhos TINY-TAG, com intervalos de 30 segundos. O critério foi medir as temperatura e umidade relativa do ar no dia 26/08, na área externa do prédio, em frente às 4 fachadas com orientação solar oeste, norte, sul e leste, em quatro horários diferentes (8, 11, 16 e 19 h).

No dia 27/08 a medição foi interna ao prédio, nos cinco ambientes selecionados e nos mesmos quatro horários.

Os aparelhos permaneceram durante 6 minutos em cada um dos locais externos e internos.

5.3.1.6 Medições realizadas de 15 de setembro a 19 de setembro de 98 terça a sexta-feira (medições internas).

Estas medições foram realizadas para aferição dos aparelhos TINY-TAG e dos sensores do programa METASYS, utilizado no controle automatizado de temperatura do ar no Edifício General Alencastro.

Os dias foram de sol, com condições de céu claro, sem nebulosidade, sem precipitação e, segundo o INMET, estavam apresentando umidade relativa do ar (externa) mais baixa que nas outras datas de medição.

Foram feitas 1500 leituras nos aparelhos TINY-TAG, com intervalos de 5 minutos. Os aparelhos permaneceram durante um dia em cada uma das quatro salas.

Segue-se a descrição do programa METASYS de gerenciamento. O programa mede somente a temperatura do ar. Ver exemplo no Apêndice no final deste capítulo. Os sensores de temperatura do ar foram instalados no forro acústico do teto dos ambientes, em 6 setores, conforme mostra a figura 48.

Porém, no 3.º pavimento do Bloco B, onde está a sala 4, setor 1, e no Hall dos elevadores e escada, não foram instalados sensores de temperatura do ar. Os sensores de temperatura do ar estão nos fan-coils, localizados na área central do bloco e cada fan-coil atende a três setores, obtendo-se, portanto, três leituras de temperaturas de retorno do ar. São dois fan-coils em cada andar. Na sala do controle automatizado do prédio, localizada no subsolo, foi instalada uma campainha que emite sinal quando há uma variação de temperatura do ar de 2º C, para mais ou para menos, diferente da temperatura programada.

Os aparelhos TINY-TAG foram colocados na sala 1, fachada oeste, no dia 14/09, às 19h40min. O sistema de ar condicionado do prédio estava desligado e as janelas estavam fechadas.

No dia 15/09 os fan-coils estavam em revisão e a temperatura do ar começou a ser registrada pelo METASYS a partir de 13h 15min na sala 1, fachada oeste.

Os aparelhos TINY-TAG foram colocados na sala 2, fachada norte, dia 16/09, quarta-feira, às 7h 18min.

Os aparelhos TINY-TAG foram colocados na sala 3, fachada sul, dia 17/09, quinta-feira, às 7h 20min.

Os aparelhos foram colocados na sala 4, fachada leste, dia 18/09, sexta-feira, às 7h 30min.

Os aparelhos permaneceram na sala 4, fachada leste, até o dia 21/09, sábado, às 7h 25min.

5.3.2 RESULTADOS:

5.3.2.1 Resultados dos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar obtidos do dia 01/05/98 ao dia 08/05/98 (medições internas).

Do dia 01/05, às 17h 30min, sexta-feira, ao dia 04/05, às 7h 30min, segunda-feira, o sistema de ar condicionado esteve desligado. A análise foi feita nos dias 02 e 03, sábado e domingo, durante 24 horas, na sala 1.

Do dia 04/05, segunda-feira, ao dia 08/05, sexta-feira, o ar condicionado esteve em funcionamento, das 7h 30min às 17h 30min. Como o ar condicionado esteve desligado por 54 horas, os dados foram coletados a partir do dia 05/05.

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar máximas e mínimas encontrados pelo INMET (medições externas) e pelo TINY-TAG (medições internas), estes obtidos estando os ambientes com ar condicionado desligado, sábado e domingo, e as janelas fechadas, são os indicados na tabela 6.

Tabela 6

Dados da temperatura e da umidade relativa do ar máxima e mínima, registrados pelo TINY-TAG e pelo INMET do dia 01/05/98 ao dia 03/05/98 (final de semana, em que o prédio fica com o ar condicionado desligado).

	<u>Temperatura do Ar Máxima (°C)</u>	<u>Temperatura do Ar Mínima (°C)</u>
INMET		
Dia 02/05	28,6	16,4
Dia 03/05	28,0	16,8
TINY-TAG		
Dia 02/05	29,6 (às 16:30 h)	25,8 (às 5h, 5:30h, 6h, 6:30h, 7h, 7:30h)
Dia 03/05	30,3 (às 15:30h, 16h, 16:30h)	26,6 (às 6h, 6:30h, 7h)
	Umidade Relativa do Ar Máxima(%)	Umidade Relativa do Ar Mínima(%)
INMET		
Dia 02/05	88 (às 7h)	51 (às 16h)
Dia 03/05	82 (às 7h)	49 (às 15h)
TINY-TAG		
Dia 02/05	56,9 *	44 às 16:30 h
Dia 03/05	54,2 **	42,8 às 16:30 h

* Horário de 0h às 7:30h.

** Horário de 0:30h às 7h.

Conforme os dados da tabela 6, na sala 1, os aparelhos TINY-TAG registraram temperatura do ar mínima interna de 25,8° C e máxima de 30,3° C, neste caso quando o sol incide diretamente nas janelas. As temperaturas máxima e mínima externas registradas pelo INMET, 28,6° C e 16,4° C, respectivamente, foram mais baixas que as temperaturas internas.

Nos dias da semana, em que o prédio esteve com o ar condicionado ligado e as pessoas trabalhando, as temperaturas e a umidade relativa do ar, nas quatro salas, estão indicadas nas tabelas 7 e 8. As figuras 49 a 56 mostram os registros de temperatura e umidade relativa do ar nas salas 1, 2, 3 e 4, dos dias 05/05 a 08/05/98.

Tabela 7

Dados da temperatura do ar (° C) nos dias 05, 06, 07 e 08/05/98, entre 7h30min e 17h30min, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG(interna) e pelo INMET(externa).

Horário	TINY-TAG				INMET			
	05/05 sala 1 – fachada oeste	06/05 sala 2 – fachada norte	07/05 sala 3 – fachada sul	08/05 sala 4 – fachada leste	05/05	06/05	07/05	08/05
7:30	26,2	26,2	24,7	28,1				
8:00	24,7	24,3	24,5	29,6	18,7	18,8	18,3	17,9
8:30	22,7	24,9	23,9	25,1				
9:00	22,1	24,9	23,7	24,7	20,6	20,6	18,5	19,5
9:30	21,9	25,1	23,7	24,1				
10:00	21,7	25,8	23,7	24,1	22	21,5	19	21,4
10:30	21,7	26,4	23,7	23,7				
11:00	21,9	26,4	24,1	23,5	23,6	22,8	20,6	22,5
11:30	21,9	26,2	23,9	23,5				
12:00	22,1	26,4	23,9	23,5	24,2	24	21,9	23,3
12:30	22,3	26,4	23,7	23,3				
13:00	22,3	26,4	23,5	23,3	24,2	24,5	23,9	24,1
13:30	22,5	25,1	23,5	23,3				
14:00	22,5	24,9	23,5	23,3	24,7	26	24,5	24,1
14:30	22,3	24,7	23,7	23,5				
15:00	22,1	24,5	23,7	23,3	23,7	25,3	25,7	25,2
15:30	22,7	24,3	23,5	23,1				
16:00	22,9	24,1 *	23,5	23,1	25,2	24,8	25,7	25,1
16:30	22,5	25,1	23,5	23,1				
17:00	22,5	26,6	23,5	23,1	24,2	19,7	24,7	23,7
17:30	23,1	26,0	23,5	22,9				

Notas: As linhas em branco não têm registro.

* Dia em que houve chuva de gelo.

Os registros em negrito são valores fora da zona de conforto.

Tabela 8

Dados da umidade relativa do ar (%) nos dias 05, 06, 07 e 08/05/98, entre 7h30min e 17h30min, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG(interna) e pelo INMET(exterena).

Horário	TINY-TAG				INMET			
	05/05 sala 1 – fachada oeste	06/05 sala 2 – fachada norte	07/05 sala 3 – fachada sul	08/05 sala 4 – fachada leste	05/05	06/05	07/05	08/05
7:30	52,8	54,2	59,5	51,5				
8:00	51,5	51,5	58,2	52,8	82	95	95	86
8:30	46,5	55,5	50,2	47,7				
9:00	46,5	49	52,8	45,3	75	84	93	80
9:30	47,7	47,7	52,8	47,7				
10:00	47,7	46,5	52,8	47,7	72	80	91	71
10:30	49	44	51,5	47,7				
11:00	50,2	42,8	51,5	50,2	67	74	85	68
11:30	50,2	42,8	51,5	50,2				
12:00	49	42,8	52,8	51,5	66	70	77	64
12:30	49	41,5	51,5	52,8				
13:00	49	42,8	52,8	52,8	66	65	69	60
13:30	49	40,3	52,8	54,2				
14:00	49	42,8	52,8	52,8	64	61	63	58
14:30	50,2	44	51,5	52,8				
15:00	51,5	45,3	51,5	52,8	72	61	53	48
15:30	50,2	45,3	50,2	54,2				
16:00	50,2	46,5 *	51,5	54,2	63	64	54	50
16:30	51,5	50,2	50,2	54,2				
17:00	51,5	47,7	51,5	54,2	68	87	58	56
17:30	50,2	50,2	51,5	56,9				

Notas: As linhas em branco não têm registro.

* Dia em que houve chuva de gelo.

Os registros em negrito são valores fora da zona de conforto.

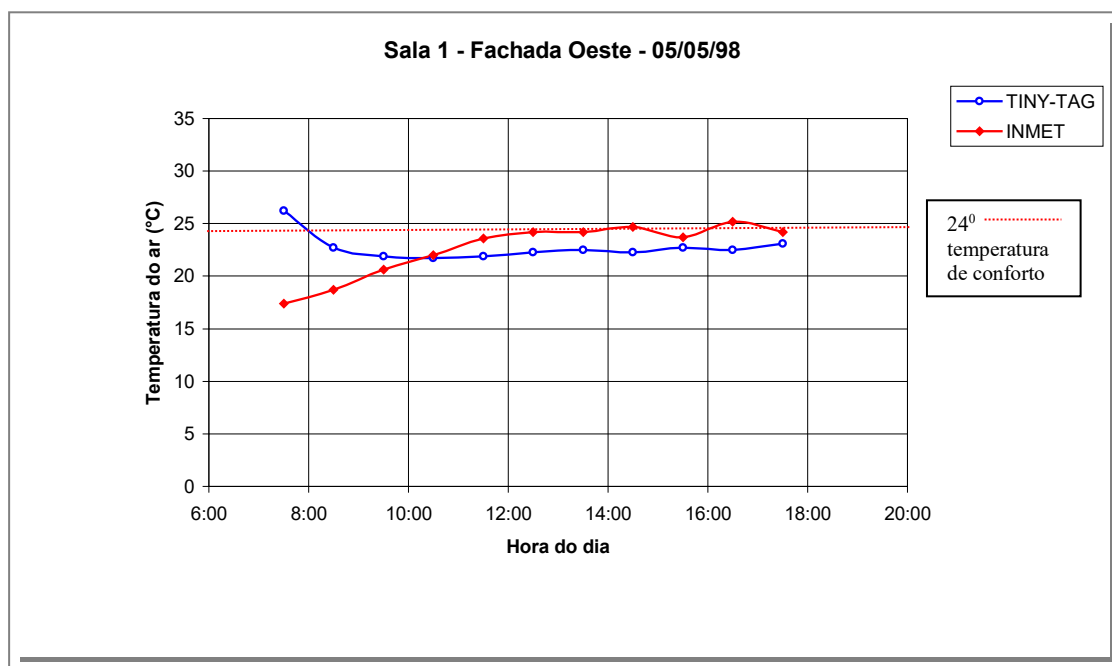


Fig. 49. Gráfico temperatura do ar/ hora do dia 05/05/98 –sala 1, fachada oeste

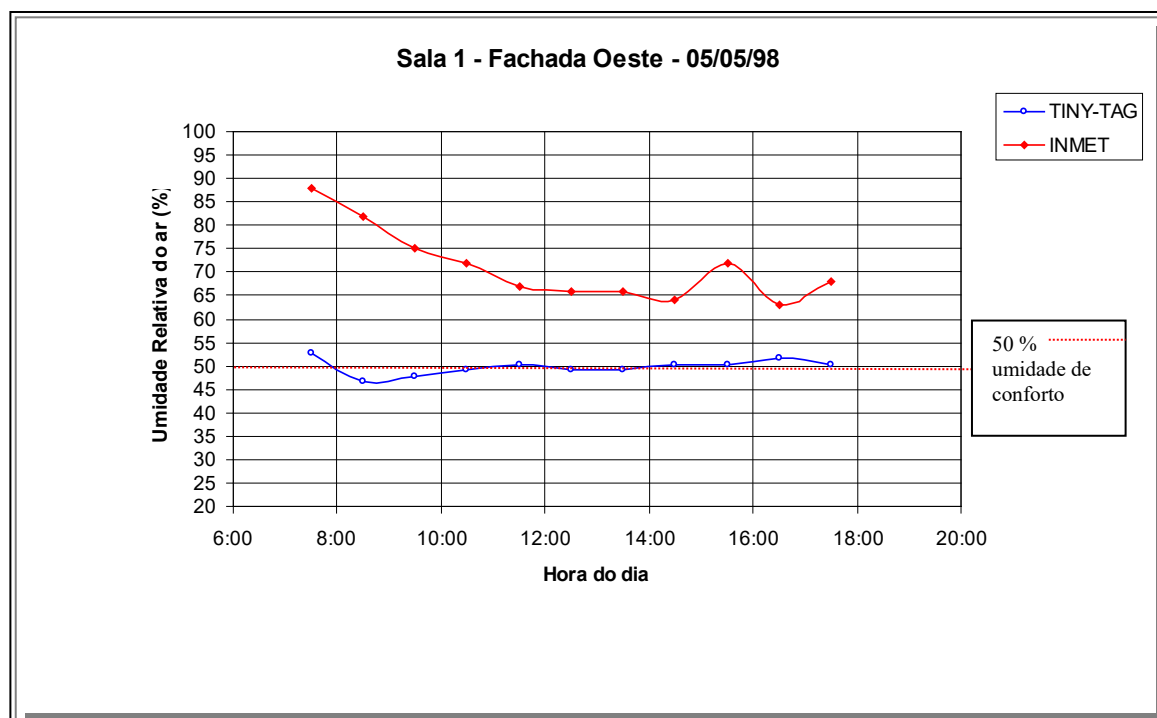


Fig.50. Gráfico de umidade relativa do ar/ Hora do dia 05/05/98 – sala 1, fachada oeste.

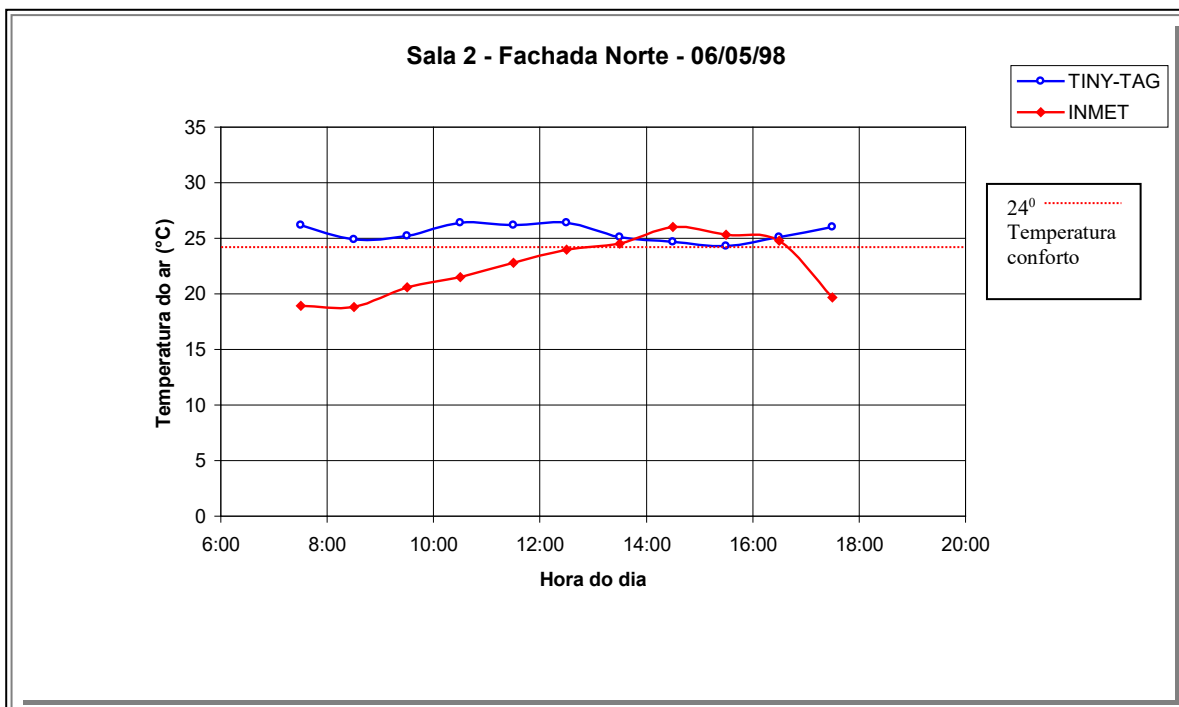


Fig. 51. Gráfico da temperatura do ar/ hora do dia 06/05/98 – sala 2, fachada norte.

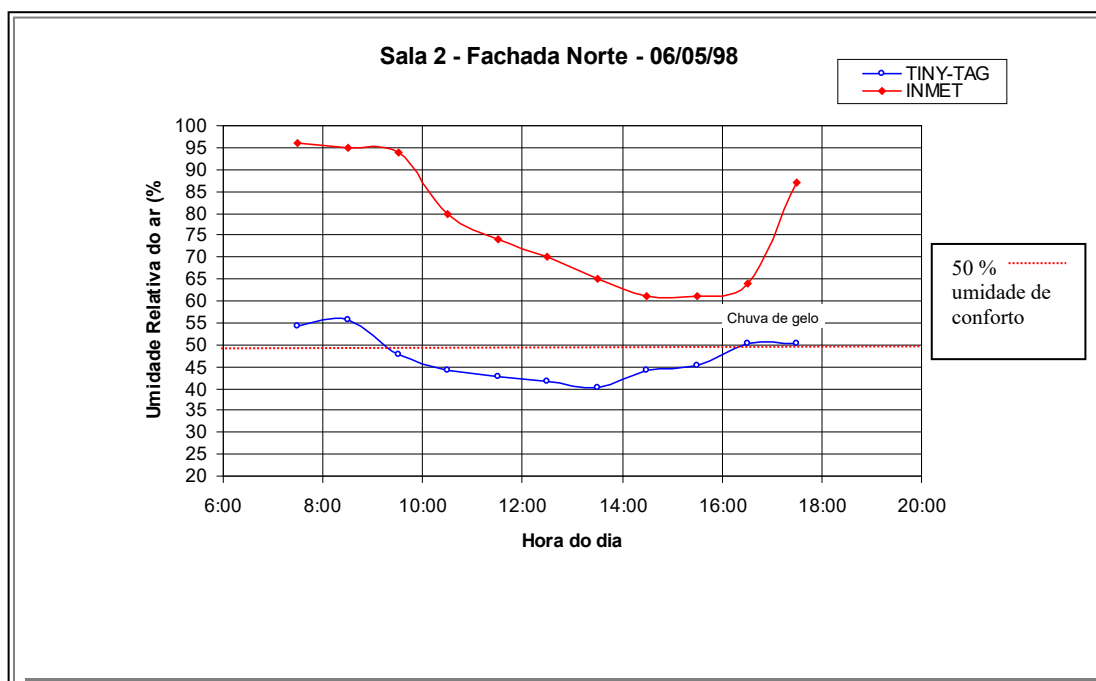


Fig.52. Gráfico umidade relativa do ar hora do dia 06/05/98- sala 02, fachada norte.

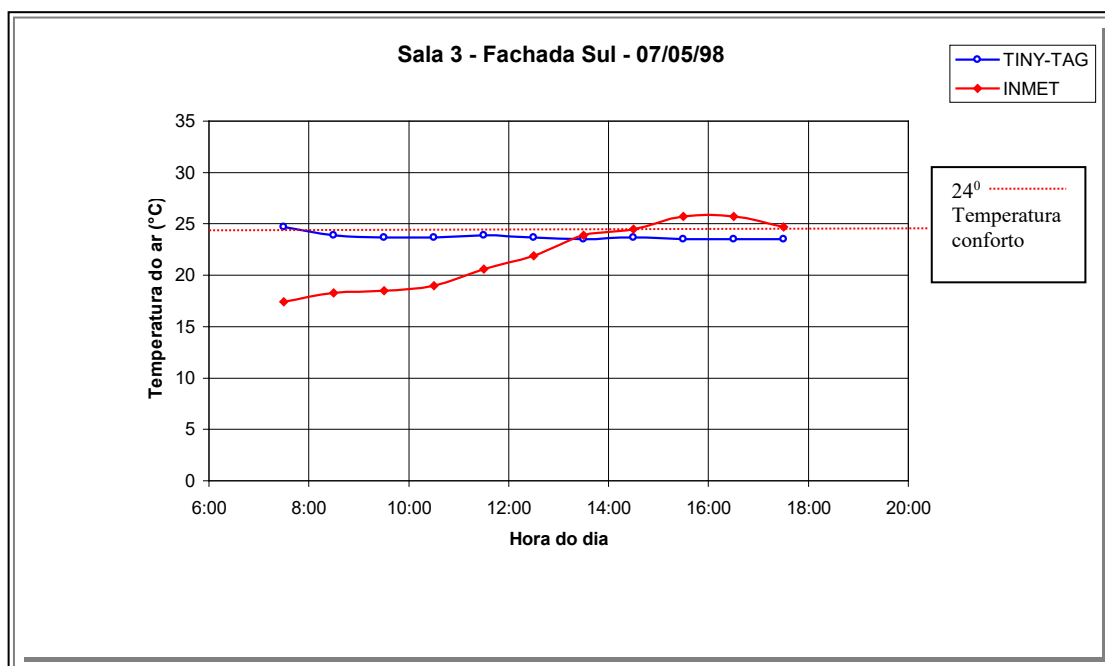


Fig.53. Gráfico da temperatura do ar/ hora do dia 07/05/98 – sala 3, fachada sul.

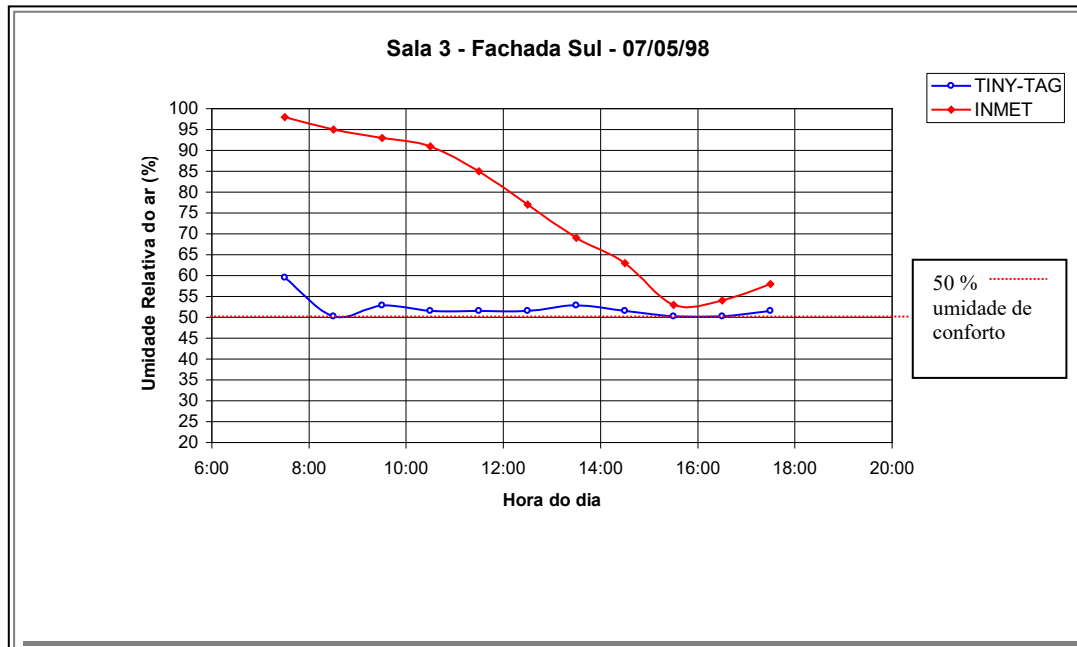


Fig.54. Gráfico de umidade relativa do ar/ hora do dia 07/05//98-sala3, fachada sul.

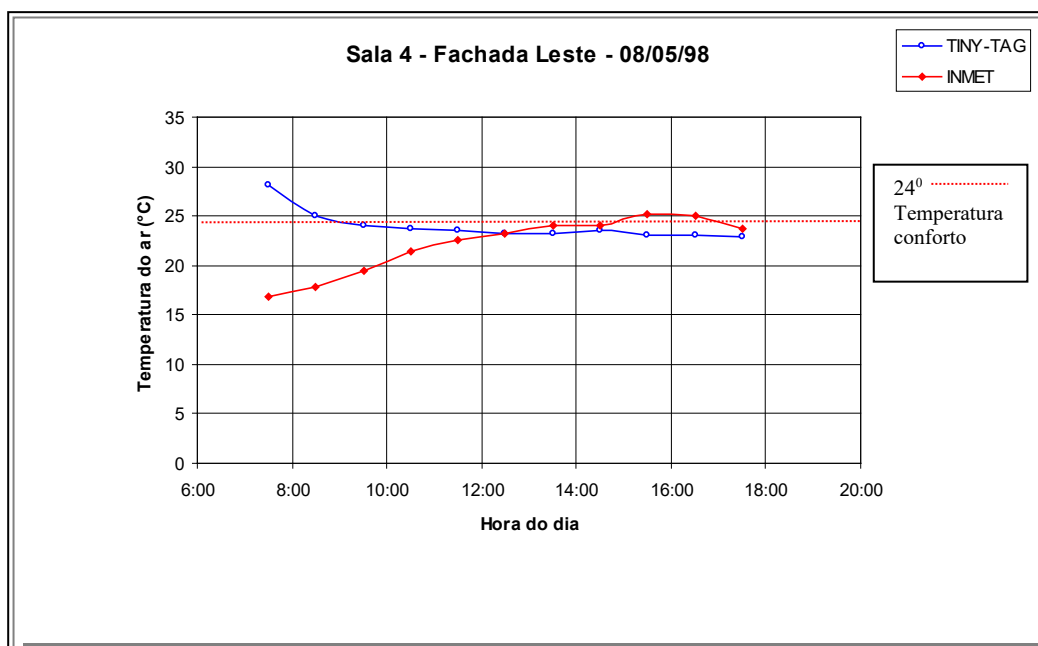


Fig.55. Gráfico da temperatura do ar/hora do dia 08/05/98-sala 4, fachada leste.

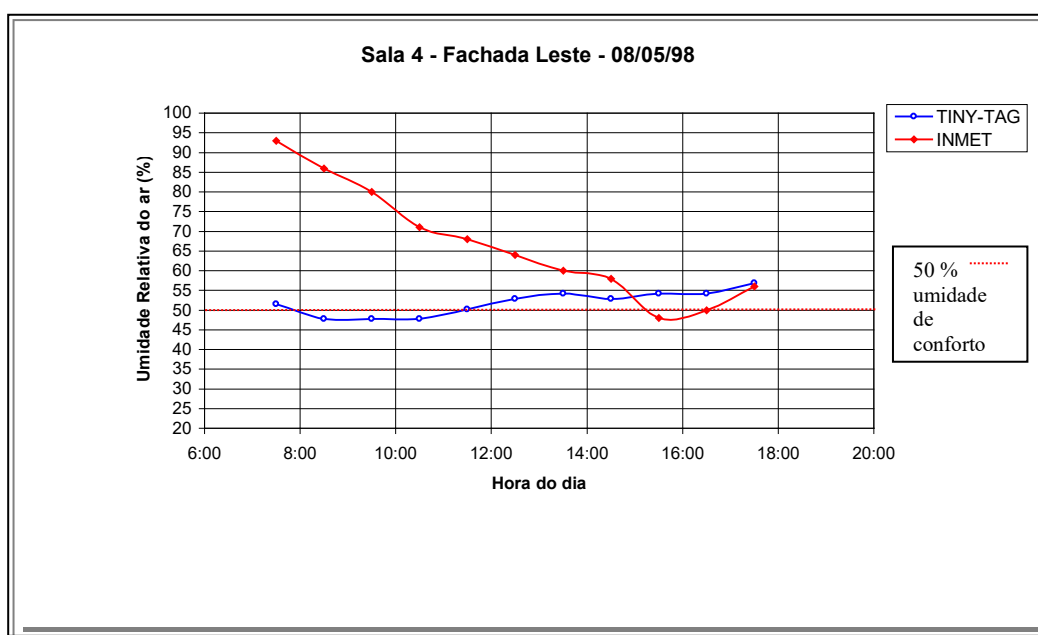


Fig.56. Gráfico de umidade relativa do ar/ hora do dia 08/05/98 – sala 4, fachada leste.

A partir das tabelas 7 e 8 e dos gráficos das figuras 49 a 56, nos dias em que o prédio esteve com o ar condicionado ligado, pode-se observar que:

Na sala 1, fachada OESTE, dia 05/05, a diferença foi de 3°C e de 3,8%. A temperatura interna do ar foi mais baixa do que a temperatura externa. A temperatura mínima do ar foi bem mais baixa do que nas salas 2, 3 e 4, estando abaixo da temperatura de conforto, aumentando no período da tarde, entre 13 e 16h, considerado mais quente. A temperatura interna foi mais baixa que a externa nos horários de 10 às 17h 30min. A umidade esteve dentro da zona de conforto.

Na sala 2, fachada NORTE, dia 06/05, a diferença foi de 2,5°C e de 15,2%. A temperatura interna do ar foi mais alta do que a temperatura externa. A temperatura do ar esteve, durante algumas horas, acima da temperatura de conforto. A umidade relativa do ar ficou em torno de 40% e variou mais do que nos outros dias devido à chuva de gelo ocorrida em torno das 16h, e esteve abaixo da zona de conforto.

Na sala 3, fachada SUL, dia 07/05, a diferença foi de 1,5 °C e de 8%. As temperaturas do ar foram mais altas do que as temperaturas do ar na sala 4, mantendo-se quase constantes e dentro da zona de conforto. A temperatura interna do ar foi mais baixa do que a temperatura externa. A umidade relativa do ar manteve-se constante, mais alta do que nas outras salas mas, às 8 h, esteve acima da zona de conforto.

Na sala 4, fachada LESTE, dia 08/05, a diferença foi de 6,7 °C e de 11,6%. A temperatura do ar foi mais alta do que a temperatura nas outras salas e, somente às 8 h, esteve acima da zona de conforto. A umidade relativa do ar esteve mais baixa pela manhã devido à incidência direta do sol pela manhã nesta fachada. Acredita-se que o vidro das janelas absorveu calor e o transmitiu para o interior da sala. A temperatura interna do ar foi mais baixa do que a temperatura externa. A umidade relativa do ar manteve-se dentro dos limites programados de 45 a 55%, exceto às 17h 30min.

Em relação aos resultados do INMET, verificou-se que a temperatura do ar externa, no período entre 7h 30min e 17h 30min, oscilou quase 10 °C e a umidade relativa do ar oscilou em torno de 40%. Portanto, apesar da temperatura do ar e da umidade relativa do ar externas variar em muito, conseguiu-se manter, dentro do prédio, uma variação pequena, atendendo aos valores programados pelo controle automatizado.

5.3.2.2 Resultados dos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar obtidos no dia 13/05/98 (medições internas).

No dia 13/05, quarta-feira, o ar condicionado esteve em funcionamento, das 7h 30min às 17h 30min e, a partir das 17h30min, o sistema de ar condicionado esteve desligado.

As tabelas 9 e 10 fornecem os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar coletados no dia 13 de maio.

Tabela 9
Dados da temperatura do ar interna (° C), no dia 13/05/98, registrada pelo TINY-TAG.

Horário	Sala 1 Fachada oeste	Sala 2 Fachada Norte	Sala 3 Fachada Sul	Sala 4 Fachada Leste	Hall
8:00	22,7	23,7	23,5	24,1	23,5
11:20	27,4	25,5	24,5	23,5	24,1
14:45	29,8	25,3	24,1	23,7	24,7
17:15	26,2	24,7	23,9	23,5	25,5
18:49*	28,5	26,8	26,2	25,8	25,8

* Ar condicionado desligado.

Tabela 10
 Dados da umidade relativa do ar interna (%), no dia 13/05/98,
 registrada pelo TINY-TAG.

Horário	Sala 1 Fachada oeste	Sala 2 Fachada Norte	Sala 3 Fachada Sul	Sala 4 Fachada Leste	Hall
8:00	59,5	50,2	51,5	50,2	50,2
11:20	50,2	47,7	45,3	49,0	49,0
14:45	36,8	44,0	46,5	50,2	50,2
17:15	39,1	44,0	46,5	49,0	45,3
18:49*	37,9	41,5	45,3	44,0	45,3

* Ar condicionado desligado.

A partir das tabelas 9 e 10, no período em que o ar condicionado esteve em funcionamento, pode-se verificar que:

Na sala 1, fachada oeste a temperatura do ar variou 7,1°C e a umidade relativa do ar variou 22,7%, ao longo do dia. Variação, portanto, além da programada pelo controle automatizado do prédio, que é de 3°C para temperatura do ar e de 10% para umidade relativa do ar. De acordo com a carta solar, as aberturas desta sala recebe sol direto durante toda a tarde (ver figura 16) e os valores ficaram acima da zona de conforto, que é de 22,5 a 25,5 °C e de 45 a 55%. A temperatura do ar foi bem mais elevada do que nas outras 3 salas, no período da tarde.

Na sala 2, fachada norte a temperatura do ar variou 1,8°C e a umidade relativa do ar, 6,2%, ao longo do dia. Os valores estiveram dentro da zona de conforto. Porém, a umidade relativa do ar esteve abaixo da zona de conforto programada, que é de 45%, a partir das 11 h. A temperatura do ar foi bem mais elevada do que nas salas 3 e 4. De acordo com a carta solar, as aberturas desta sala recebe sol durante todo o dia, no período de análise (ver figura 21).

Na sala 3, fachada sul a temperatura do ar variou 1°C e a umidade relativa do ar, 6,2%, ao longo do dia. Os valores de temperatura do ar e de umidade relativa do ar estiveram dentro da zona de conforto. Como esta sala não recebe sol direto na fachada durante o período da coleta de dados, não há mudanças significativas nos dados medidos no decorrer do dia.

Na sala 4, fachada leste a temperatura do ar variou 0,6°C e a umidade relativa do ar, 1,2% ao longo do dia. Os valores estiveram dentro da zona de conforto. Nesta sala a temperatura do ar esteve mais alta do que nas outras salas às 8 h, pois recebe o sol direto na fachada durante todo o período da manhã em todas as épocas do ano.

No hall a temperatura do ar variou 2°C e a umidade relativa do ar, 4,9% ao longo do dia. A variação e os valores de máximas e mínimas de temperatura do ar estão dentro dos limites programados pelo controle automatizado do prédio. A temperatura mínima do ar esteve sempre acima de 23° C.

A partir das tabelas 9 e 10, às 18h 49min, com o sistema de ar condicionado desligado, verificou-se em todos os cinco ambientes que a temperatura do ar esteve acima da zona de conforto e a umidade relativa do ar nas salas 1, 2 e 4 esteve abaixo do limite mínimo programado de 45%.

O resultado das medições no Serviço Médico, localizado no térreo, afastado das janelas, foi satisfatório, pois a temperatura do ar foi de 24,1° C, às 9 h e a umidade relativa do ar foi de 51,5%. Os valores estão dentro dos limites de máxima e mínima programados pelo controle automatizado do prédio.

Segundo os dados do INMET, foram registradas as temperatura do ar externa mínima do dia de 15,0° C e a máxima de 27,1° C, e umidade relativa do ar externa variando de 41,0% (às 14h e às 17h) a 74,0% (às 7h). A insolação foi de 9,9 h e a precipitação de 0,0 mm.

5.3.2.3 Resultados dos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar obtidos do dia 20/06 a 26/06/98(medições internas).

Do dia 20/06, sábado, ao dia 22/06, às 7h 30min, segunda-feira, o sistema de ar condicionado esteve desligado.

Do dia 22/06, segunda-feira, ao dia 26/06, sexta-feira, o ar condicionado esteve em funcionamento, das 7h 30min às 17h 30min.

As tabelas 11 e 12 registram os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar internos coletados no período de 22 a 25 de junho. Esses dados estão representados nas figuras 57 a 64.

Tabela 11

Dados da temperatura do ar (° C) nos dias 22, 23, 24 e 25/06/98, entre 7h30min e 17h30min, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG (interna) e pelo INMET(externo).

Horário	TINY-TAG				INMET			
	22/06 sala 1	23/06 sala 2	24/06 sala 3	25/06 sala 4	22/06	23/06	24/06	25/06
7:30	25,3	25,5	24,1	24,5				
8:00	23,3	24,5	23,9	26	18,2	17,6	18,1	17,4
8:30	22,1	24,9	23,1	24,3				
9:00	21,9	25,8	23,3	24,1	20,1	18,8	20,2	19,1
9:30	21,5	25,8	22,9	23,7				
10:00	21,3	26	22,9	23,7	21,1	20,6	21,7	21,3
10:30	21,3	26	22,9	23,5				
11:00	21,1	26	22,5	23,1	22,3	22	23,6	22,2
11:30	21,1	26	22,5	23,1				
12:00	21,1	25,8	22,9	23,1	24,1	23,1	23,9	23,7
12:30	21,3	25,5	23,5	22,9				
13:00	21,5	25,3	23,5	22,9	24,7	23,4	24,6	24,8
13:30	23,5	24,7	23,3	22,7				
14:00	23,5	24,7	23,5	22,7	24,5	23,4	23,9	25
14:30	24,3	24,7	23,7	22,7				
15:00	24,5	24,9	23,5	22,7	25,1	23,6	24,3	25,1
15:30	23,7	25,8	23,7	22,7				
16:00	24,9	26	23,9	22,7	24,1	23,1	24,5	23,5
16:30	24,9	26,4	23,9	22,5				
17:00	24,1	26,4	23,9	22,7	23,1	22,9	23,9	23,9
17:30	23,5	26,2	23,9	22,3				

Notas: As linhas em branco não têm registro.

Os registros em negrito são valores fora da zona de conforto.

Tabela 12

Dados da umidade relativa do ar (%) nos dias 22, 23, 24 e 25//06/98, entre 7h30min e 17h30min, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG(interna) e pelo INMET(externa).

Horário	TINY-TAG				INMET			
	22/06 sala 1	23/06 sala 2	24/06 sala 3	25/06 sala 4	22/06	23/06	24/06	25/06
7:30	46,5	45,3	49	46,5				
8:00	47,7	45,3	49	44	70	72	72	66
8:30	47,7	45,3	46,5	46,5				
9:00	50,2	41,5	46,5	45,3	63	69	60	61
9:30	49	40,3	45,3	46,5				
10:00	47,7	39,1	46,5	46,5	58	64	52	54
10:30	49	39,1	45,3	47,7				
11:00	49	37,9	45,3	47,7	56	56	46	54
11:30	49	39,1	46,5	49				
12:00	49	41,5	49	49	48	51	39	45
12:30	47,7	42,8	46,5	49				
13:00	46,5	44	45,3	49	43	44	37	43
13:30	49	45,3	46,5	49				
14:00	49	45,3	46,5	49	43	42	37	41
14:30	47,7	45,3	46,5	49				
15:00	46,5	44	46,5	49	43	39	39	40
15:30	49	41,5	46,5	50,2				
16:00	46,5	41,5	46,5	50,2	44	44	38	51
16:30	46,5	41,5	47,7	50,2				
17:00	49	41,5	47,7	50,2	47	45	39	48
17:30	50,2	41,5	47,7	50,2				

Notas: As linhas em branco não têm registro.

Os registros em negrito são valores fora da zona de conforto.

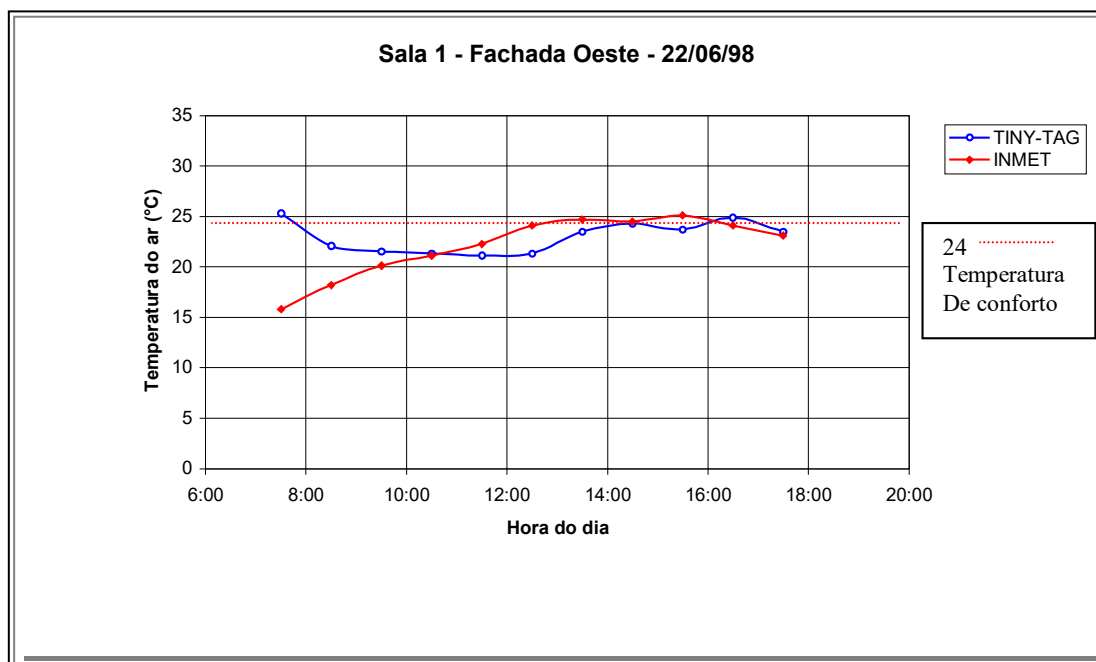


Fig.57. Gráfico da temperatura do ar/ hora do dia 22/06/98 – sala 1, fachada leste.

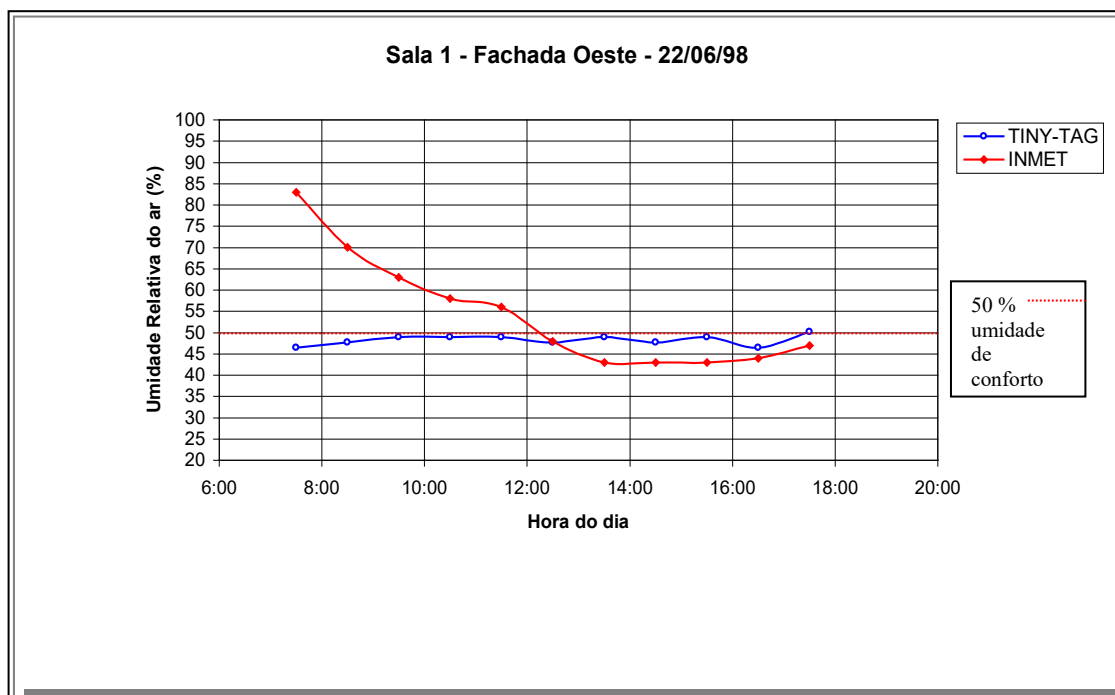


Fig.58. Gráfico de umidade relativa do ar/ hora do dia 22/06/98 – sala 1, fachada oeste.

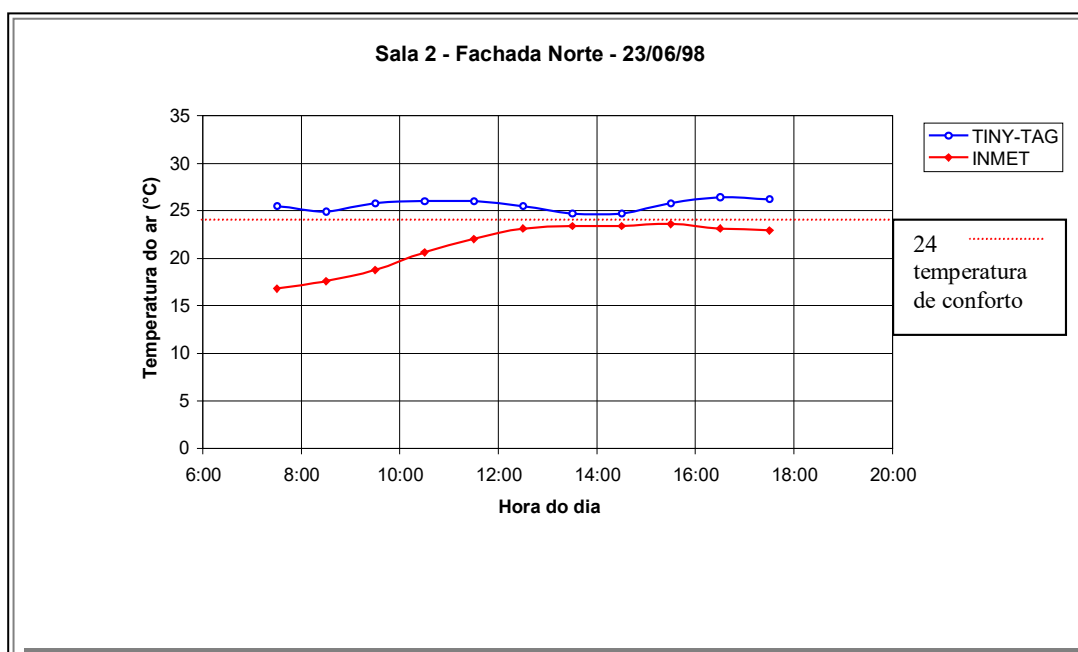


Fig.59. Gráfico da temperatura umidade relativa do ar/ hora do dia 23/06/98 – sala 2, fachada norte.

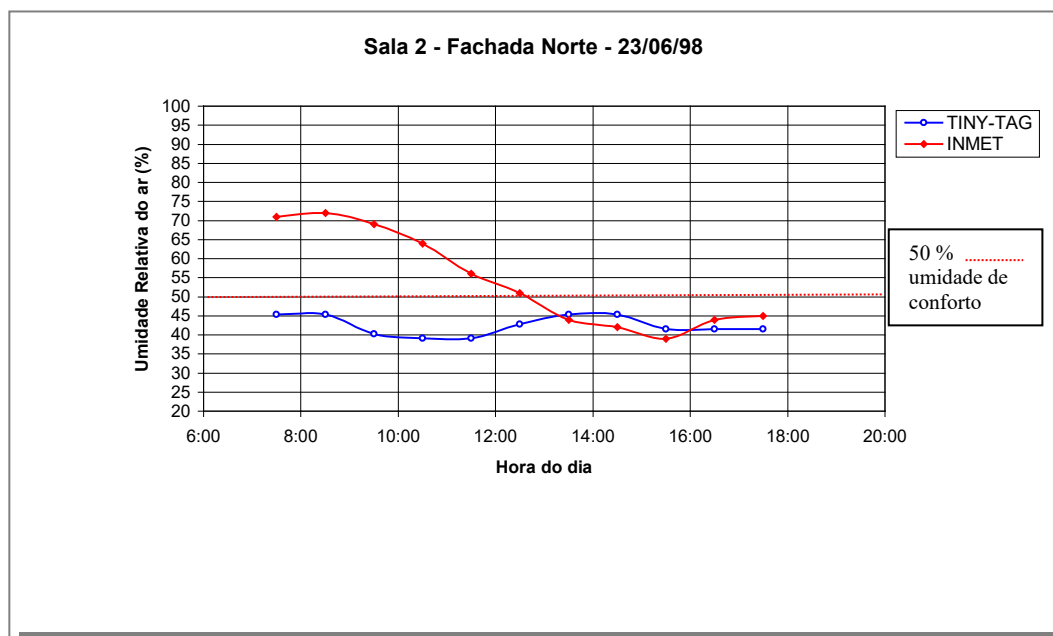


Fig. 60. Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia 23/06/98 – sala 2, fachada norte.

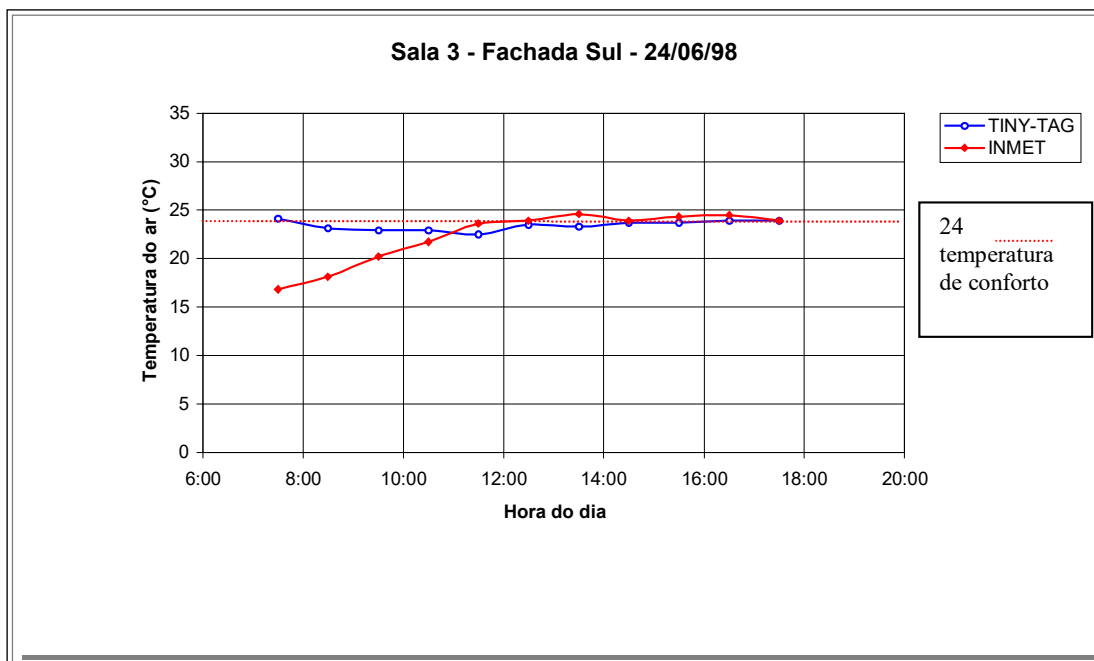


Fig.61. Gráfico da temperatura do ar/ hora do dia 24/06/98 – sala 3, fachada sul.

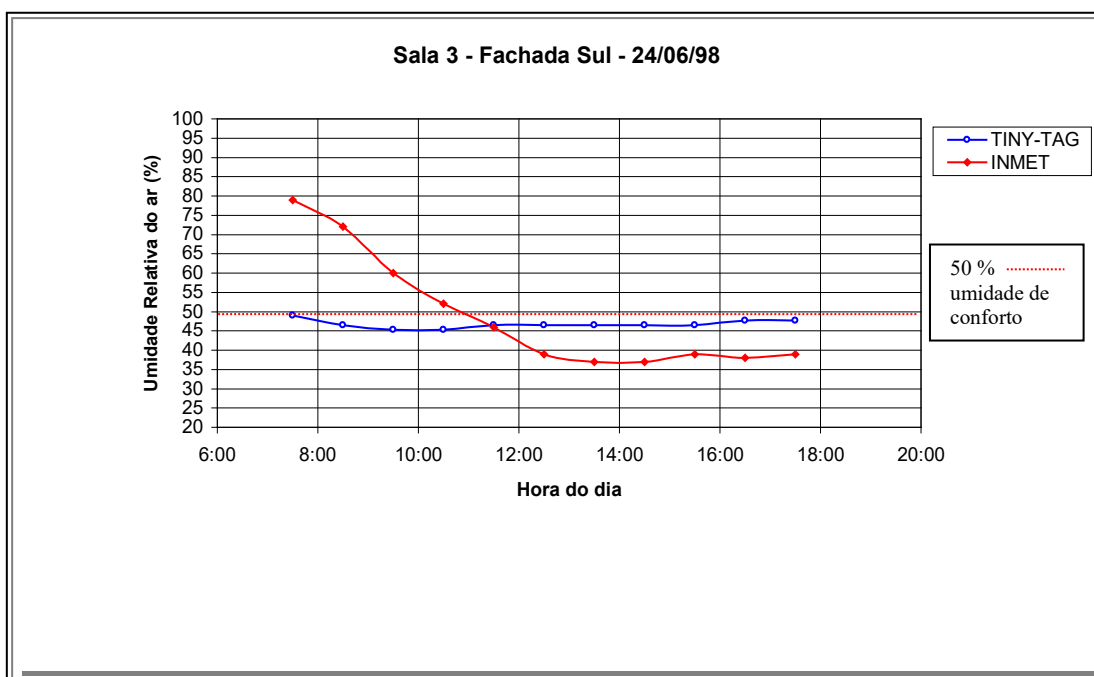


Fig.62. Gráfico da umidade relativa do ar/ hora do dia. 24/06/98 – sala 3, fachada sul.

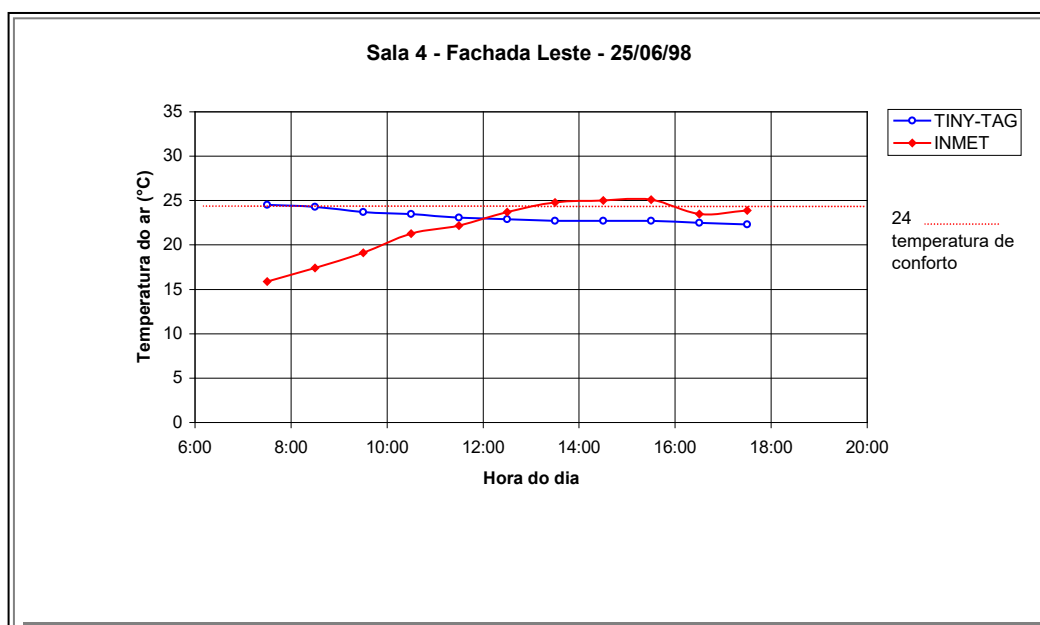


Fig.63. Gráfico da temperatura do ar/ hora do dia 25/06/98 – sala 4, fachada leste.

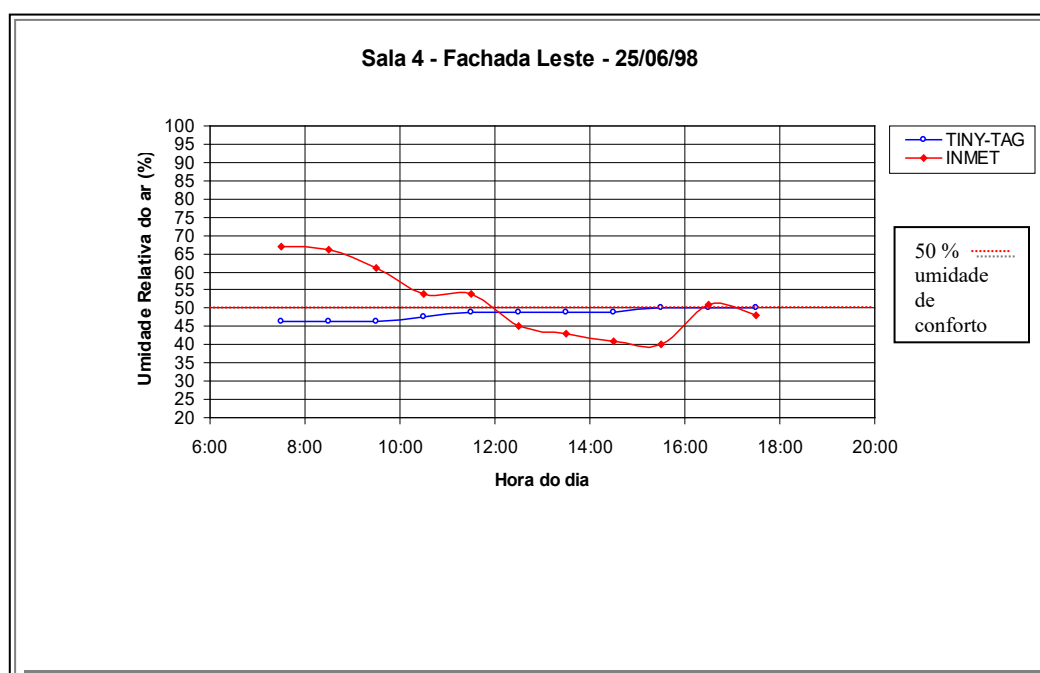


Fig.64. Gráfico de umidade relativa do ar/ hora do dia 25/06/98 – sala 4, fachada leste.

A partir das tabelas 11 e 12 e das figuras 57 a 64, nos dias em que o prédio esteve com o ar condicionado ligado, pode-se observar que:

Na sala 1, fachada oeste, no dia 22/06, a temperatura do ar variou 3,8°C e a umidade relativa do ar, 3,7%, ao longo do dia. A variação está dentro dos limites de máxima e mínima programados, porém, o ambiente é considerado frio pelos usuários da sala, durante a manhã. A figura 57 mostra a temperatura fora da zona de conforto.

Segundo os dados do INMET as temperaturas do ar e umidade relativa do ar externas mínimas foram de 15,2° C e 43,0% e as máximas de 26,0° C e 83,0%, respectivamente. A insolação foi de 8,7 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

Na sala 2, fachada norte, no dia 23/06, a temperatura do ar variou 1,9°C e a umidade relativa do ar, 7,4% ao longo do dia. A temperatura do ar esteve acima da zona de conforto e a umidade relativa do ar esteve bem abaixo da umidade de conforto, de 9 às 12 h e de 15 às 17h 30 min (ver figuras 59 e 60).

Segundo os dados do INMET, as temperatura e umidade relativa do ar registradas como mínimas externas foram de 15,7° C e 39,0% e como máximas foram de 24,6° C e 72,0%, respectivamente. A insolação foi de 7,0 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

Na sala 3, fachada sul, no dia 24/06, a temperatura do ar variou 1,6 °C e a umidade relativa do ar, 3,7% ao longo do dia. A variação e os valores de máxima e mínima estão dentro dos limites programados pelo controle automatizado do prédio (ver figuras 61 e 62).

Segundo os dados do INMET, as temperatura e umidade relativa do ar mínimas externas foram de 16,2° C e 37,0% e as temperatura e umidade relativa do ar máximas foram de 25,6° C e 79,0%, respectivamente. A insolação foi de 6,5 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

Na sala 4, fachada leste, dia 25/06, a temperatura do ar variou 3,7°C e a umidade relativa do ar, 6,2% ao longo do dia. A variação e os valores de máxima e mínima estão dentro dos limites programados pelo controle automatizado do

prédio, a não ser às 8 h e às 17:30 h. a sala é considerada fria pelo usuário (ver figuras 63 e 64).

Segundo os dados do INMET, as temperatura e umidade relativa do ar mínimas externas foram de 15,4° C e 40,0% e as temperatura e umidade relativa do ar máximas foram de 25,8° C e 81,0%, respectivamente. A insolação foi de 8,7 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

No dia 26/06, sexta-feira, os aparelhos foram deslocados pelos cinco ambientes. As tabelas 13 e 14 mostram os valores encontrados.

A variação das temperaturas do ar externas entre as mínimas e máximas em junho foi maior que em maio, valores entre 8,9° C e 12,5° C e a variação da umidade relativa do ar foi menor, entre 3,7% e 6,2%. A precipitação foi de 0,0 mm e a insolação foi de 6,5 a 8,8h.

Tabela 13
Dados da temperatura do ar (° C), no dia 26/06/98, registrada pelo TINY-TAG (externo).

Horário	Sala 1 Fachada oeste	Sala 2 Fachada Norte	Sala 3 Fachada sul	Sala 4 Fachada leste	Hall
8:05	21,1	24,1	22,9	22,9	22,5
11:29	21,5	24,9	23,7	22,9	23,9
15:01	24,1	25,1	24,1	22,7	24,3
19:12*	25,1	26,0	25,5	25,3	24,9

* Ar condicionado desligado.

Tabela 14
Dados da umidade relativa do ar (%), no dia 26/06/98, registrada pelo TINY-TAG (externo).

Horário	Sala 1 Fachada oeste	Sala 2 Fachada norte	Sala 3 Fachada sul	Sala 4 Fachada leste	Hall
8:05	56,9	58,2	51,5	52,8	60,9
11:29	51,5	52,8	51,5	51,5	55,5
15:01	50,2	50,2	50,2	49,0	52,8
19:12*	50,2	49,0	47,7	46,5	46,5

* Ar condicionado desligado.

A partir das tabelas 13 e 14, estando o prédio com o ar condicionado ligado, pode-se observar que:

Na sala 1, fachada oeste, a temperatura do ar variou 3°C e a umidade relativa do ar, 6,7%, ao longo do dia. Os valores de temperatura do ar e de umidade relativa do ar estão abaixo da zona de conforto, pela manhã. A temperatura do ar nesta sala foi mais baixa e a umidade relativa do ar mais alta do que nas outras 3 salas (ver figuras 67 e 72).

Na sala 2, fachada norte, a temperatura do ar variou 1°C e a umidade relativa do ar, 8%, ao longo do dia. A umidade relativa do ar foi mais alta que a programada pelo controle automatizado do prédio. Na sala 2 a temperatura interna foi mais alta que a temperatura externa (ver figuras 68 e 73).

Na sala 3, fachada sul, a temperatura do ar variou 1,2°C e a umidade relativa do ar, 1,3%, ao longo do dia. Os valores de temperatura do ar e de umidade relativa do ar estiveram dentro da zona de conforto (ver figura 69).

Na sala 4, fachada leste, a temperatura do ar variou 0,2°C e a umidade relativa do ar, 3,8%, ao longo do dia. A temperatura do ar e a umidade relativa do ar estiveram dentro da zona de conforto (ver figura 70).. A sala foi considerada fria pelo usuário

No hall a temperatura do ar variou 1,8°C e a umidade relativa do ar, 8,1% ao longo do dia. Os valores de temperatura do ar e de umidade relativa do ar estão dentro dos limites programados pelo controle automatizado do prédio, excluindo às 8 h, que foi de 60,9% (ver figura 71).

Segundo os dados do INMET, foram registradas as temperatura e umidade relativa do ar mínimas externas de 13,5° C e 40,0% e as temperatura e umidade relativa máximas foram de 26,0° C e 99,0%, respectivamente. A insolação foi de 8,8 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

A partir das tabelas 13 e 14, estando o sistema de ar condicionado desligado, às 19:12 h, verificou-se em todos os cinco ambientes que a temperatura do ar e a umidade relativa do ar ficaram dentro da zona de conforto

Todos os cinco ambientes se mantiveram com as temperatura e umidade relativa do ar praticamente iguais, 25,0° C e 46,0%.

5.3.2.4 Resultados dos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar obtidos nos dias 26/08(medições externas) e 27/08/98 (medições internas).

No dia 26/08 as medições foram feitas na área externa do prédio, em frente às quatro fachadas oeste, norte, sul e leste.

No dia 27/08 as medições foram internas, estando o sistema de ar condicionado ligado, das 7h 30min às 18 h.

As tabelas 15 e 16 e as figuras 65 e 66 mostram os registros de temperatura do ar e umidade relativa do ar externos feitos pelos aparelhos TINY-TAG, que foram deslocados para a frente das quatro fachadas externas do prédio, o entorno do edifício, e pelo PSICRÔMETRO, no INMET, no dia 26/08/98.

Tabela 15
Dados da temperatura do ar externo (° C), no dia 26/08/98, registrada pelo TINY-TAG e pelo INMET.

Horário	Fachada oeste	Fachada norte	Fachada sul	Fachada leste	Inmet
7:50	21,9	21,7	22,3	23,3	21,0
11:31	29,4	29,8	26,8	28,1	27,2
16:34	29,8	30,7	30,1	28,7	28,1
19:05	26,2	27,4	26,6	24,9	24,3
Mín.					16,2
Máx.					29,1

Tabela 16
Dados da umidade relativa do ar externa (%), no dia 26/08/98, registrada pelo TINY-TAG e pelo INMET.

Horário	Oeste	Norte	Sul	Leste	Inmet
7:49	55,5	50,2	50,2	50,2	51,0
11:30	31,1	25,6	28,8	28,8	27,0
16:33	32,2	25,6	23,5	23,5	23,0
19:04	31,1	29,9	32,2	34,5	35,0

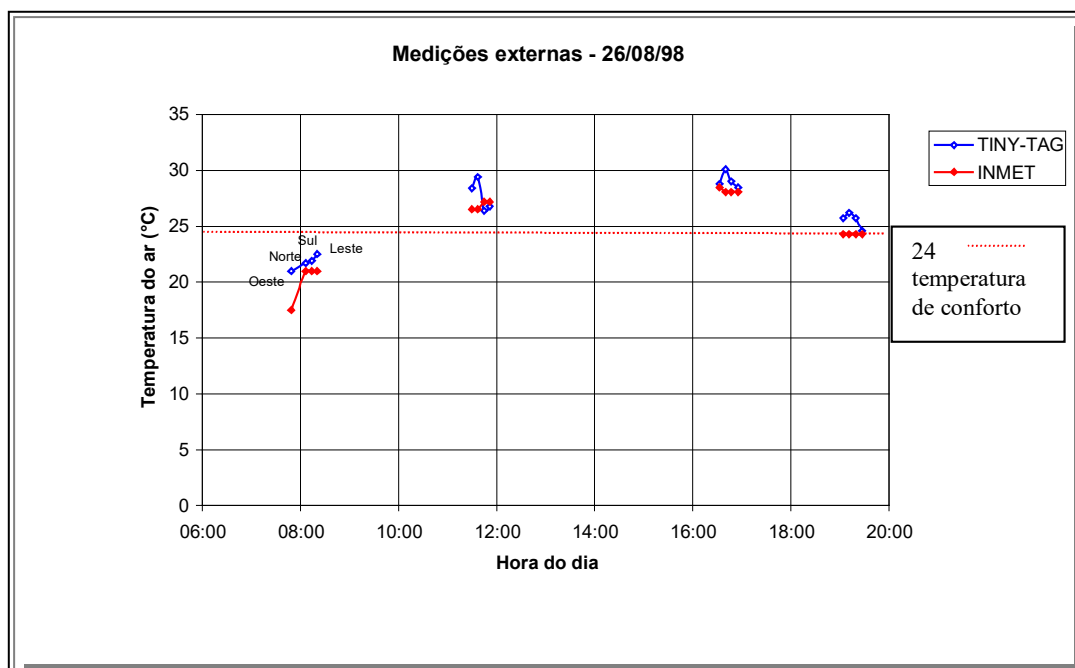


Fig. 65. Gráfico de temperatura do ar externa nas 4 fachadas, no dia 26/08/98.

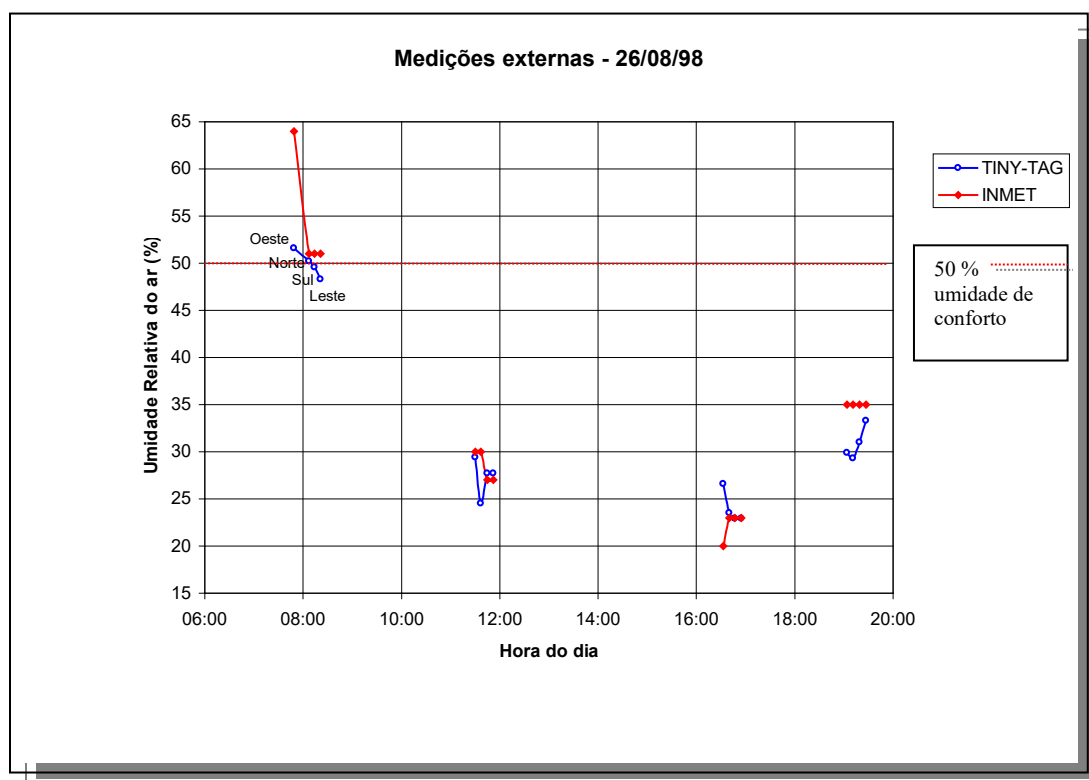


Fig.66. Gráfico de umidade relativa do ar externa nas 4 fachadas, no dia 26/08/98.

A partir das tabelas 15 e 16 e das figuras 65 e 66, e por observação *in loco*, pode-se verificar no dia 26/08 que:

- o vento foi constante em todas as fachadas, atingindo menos a fachada norte (percepção pessoal);
- na fachada norte o sol incidiu praticamente o dia todo, registrando-se as temperaturas do ar mais altas que nos outros espaços, nos horários de 11h31min, de 16h34min e de 19h05min;
- a temperatura do ar média interna registrada pelo aparelho TINY-TAG e a registrada pelo INMET externa, nos mesmos horários, foi praticamente igual, variando de 0,5°C a 1,4°C;
- a umidade relativa do ar média interna registrada pelo aparelho TINY-TAG e a registrada pelo INMET externa, nos mesmos horários, foi praticamente igual, variando de 0,33% a 4,1%;
- a variação da temperatura do ar interna registrada pelo aparelho TINY-TAG nas quatro áreas foi de 10,3°C;
- a variação da umidade relativa do ar interna registrada pelo aparelho TINY-TAG nas quatro áreas foi de 34,3%.

Segundo os dados do INMET, as temperaturas do ar externas mínima e as máxima do dia foram de 16,2° C e 29,1° C. A insolação foi de 10,1h e a precipitação foi de 0,0mm. Às 7h foram registradas a temperatura e a umidade relativa do ar de 17,5° C e 64,0% e às 16h, foram registradas as temperatura e umidade relativa do ar de 28,5° C e 20%, respectivamente, sendo todas praticamente coincidentes com as internas registradas pelo TINY-TAG, como mostram as figuras 65 e 66.

Com base nestas figuras, verificou-se que houve variação de temperatura e umidade relativa do ar nas áreas localizadas em frente às quatro fachadas externas, apesar de medidas nos mesmos horários pelo TINY-TAG:

- 8h – a temperatura do ar externa é maior na área em frente à fachada leste;

- 11h - a temperatura do ar externa é maior na área em frente à fachada norte;
- 17h - a temperatura do ar externa é maior na área em frente à fachada norte;
- 19h - a temperatura do ar externa é maior na área em frente à fachada norte.

No dia 27/08 os aparelhos foram deslocados pelos cinco ambientes internos. As tabelas 17 e 18 mostram os resultados de temperatura e umidade relativa do ar internas.

Tabela 17
Dados da temperatura do ar interna (° C), no dia 27/08/98, registrada pelo TINY-TAG.

Horário	Sala 1 Fachada oeste	Sala 2 Fachada norte	Sala 3 Fachada sul	Sala 4 Fachada leste	Hall
7:49	23,5	23,1	23,5	24,7	24,7
11:20	23,5	24,1	25,1	24,5	26,0
16:09	25,5	25,5	25,3	24,3	27,9
19:04 *	26,0	26,2	26,2	26,8	26,8

* Ar condicionado desligado.

Tabela 18
Dados da umidade relativa do ar interna (%), no dia 27/08/98, registrada pelo TINY-TAG.

Horário	Sala 1 Fachada oeste	Sala 2 Fachada norte	Sala 3 Fachada sul	Sala 4 Fachada leste	Hall
7:48	42,8	44,0	44,0	42,8	41,5
11:19	40,3	42,8	41,5	42,8	41,5
16:08	34,5	39,1	39,1	41,5	28,8
19:03 *	35,6	35,6	35,6	29,9	31,1

* Ar condicionado desligado.

A partir das tabelas 17 e 18, estando o ar condicionado ligado, pode-se observar que:

Na sala 1, fachada oeste, a temperatura do ar variou 2°C e a umidade relativa do ar, 8,3%, ao longo do dia. Os valores de temperatura do ar estiveram dentro da zona de conforto. A umidade relativa do ar esteve bem abaixo da zona de conforto, às 16:08 h.

Na sala 2, fachada norte, a temperatura do ar variou 2,4°C e a umidade relativa do ar, 4,9%, ao longo do dia. Os valores de temperatura do ar estiveram dentro da zona de conforto. A umidade relativa do ar esteve abaixo da zona de conforto.

Na sala 3, fachada sul, a temperatura do ar variou 1,8°C e a umidade relativa do ar, 4,9%, ao longo do dia. Os valores de temperatura do ar estiveram dentro da zona de conforto. A umidade relativa do ar esteve abaixo da zona de conforto.

Na sala 4, fachada leste, a temperatura do ar variou 0,4°C e a umidade relativa do ar, 1,3%, ao longo do dia. Os valores de temperatura do ar estiveram dentro da zona de conforto. A umidade relativa do ar esteve abaixo da zona de conforto.

No hall a temperatura do ar variou 3,2°C e a umidade relativa do ar, 12,7% ao longo do dia. A umidade relativa do ar foi bem mais baixa que a programada pelo controle automatizado do prédio e a temperatura do ar é considerada alta (27,9°C). A temperatura do ar foi mais elevada que nas quatro salas.

A temperatura interna do ar nas quatro salas foi mais alta do que a temperatura do ar externa. Nas horas mais críticas, às 11h e às 16h, a umidade relativa do ar interna variou de 34,5% a 42,8% e a externa variou de 16% a 30%.

A partir das tabelas 17 e 18, estando o ar condicionado desligado, no horário de 19h 03min, verificou-se que em todos os cinco ambientes a temperatura do ar esteve acima de 26° C e a umidade relativa do ar esteve abaixo de 35,6%, valores fora da zona de conforto.

Segundo os dados do INMET, as temperatura e umidade relativa do ar externas mínimas e as máximas do dia 27/08 foram de 16,7° C e 30,6° C. A insolação foi de 9,6h e a precipitação foi de 0,0mm. Foram registradas as temperatura e umidade relativa do ar mínimas e máximas de 19,0° C e 49,0%, às 7h e 30,1° C e 20%, às 16h e às 15h 00min, respectivamente.

5.3.2.5 Resumo dos resultados da temperatura do ar interna e da umidade relativa do ar externa nos meses de maio, junho e agosto

As tabelas 19, 20, 21 e 22 e os gráficos das figuras 67 a 73 mostram os dados de temperatura e umidade relativa do ar nos dias 13/05, 26/06 e 27/08/98, registrados pelos aparelhos TINY-TAG, deslocados pelos cinco ambientes.

Tabela 19
Resumo dos dados da temperatura do ar (° C) nos
5 ambientes, nos meses de maio, junho e agosto, entre 7h30min e 18h,
estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo
TINY-TAG(interna) e pelo INMET(externa).

Sala	Fachada	Data 13/05	Data 26/06	Data 27/08
1	Oeste	Mín. 22,7 Máx. 29,8	21,1 24,1	23,5 25,5
2	Norte	Mín. 23,7 Máx. 25,5	24,1 25,1	23,1 25,5
3	Sul	Mín. 23,5 Máx. 24,5	22,9 24,1	23,5 25,3
4	leste	Mín. 23,5 Máx. 24,1	22,7 22,9	24,3 24,7
Hall		Mín. 23,5 Máx. 25,5	22,1 24,3	24,7 27,9
INMET		Mín. 16,6 Máx. 25,6	13,5 26,0	16,7 30,6

Tabela 20

Dados da temperatura do ar (° C) na sala 1, fachada oeste, nos meses de maio e junho, sábado e domingo, estando o prédio com o ar condicionado desligado, registrada pelo TINY-TAG(interna) e pelo INMET(externa).

Sala	Fachada	Data 02 e 03/05	Data 21/06
1	Oeste	Mín. 25,8 Máx. 30,3	25,8 29,0
INMET		Mínima nos dias: 16,4 Máxima nos dias: 28,6	15,5 26,6

Tabela 21

Resumo dos dados da umidade relativa do ar (%) nos 5 ambientes, nos meses de maio, junho e agosto, entre 7h30min e 18h, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG(interna) e pelo INMET(externa).

Sala	Fachada	Data 13/05	Data 26/06	Data 27/08
1	Oeste	Mín. 36,8 Máx. 59,5	50,2 56,9	34,5 42,8
2	Norte	Mín. 44,0 Máx. 50,2	50,2 58,2	39,1 44,0
3	Sul	Mín. 45,3 Máx. 51,5	50,2 51,5	39,1 44,0
4	Leste	Mín. 49,0 Máx. 50,2	49,0 52,8	41,5 42,8
Hall		Mín. 45,3 Máx. 50,2	52,8 60,9	28,8 41,5
INMET		Mín. 41,0 Máx. 74,0	40,0 99,0	20,0 49,0

Nota: A umidade relativa do ar interna e externa foi mais baixa em agosto do que em maio e junho.

Tabela 22

Dados da umidade relativa do ar (%) na sala 1, fachada oeste, nos meses de maio e junho, sábado e domingo, estando o prédio com o ar condicionado desligado, registrada pelo TINY-TAG e INMET.

Sala	Fachada	Data 02 e 03/05	Data 21/06
1	Oeste	Mín. 42,8 Máx. 56,9	41,5 47,7
INMET		Mínima nos dias: 49,0 Máxima nos dias: 88,0	38,0 75,0

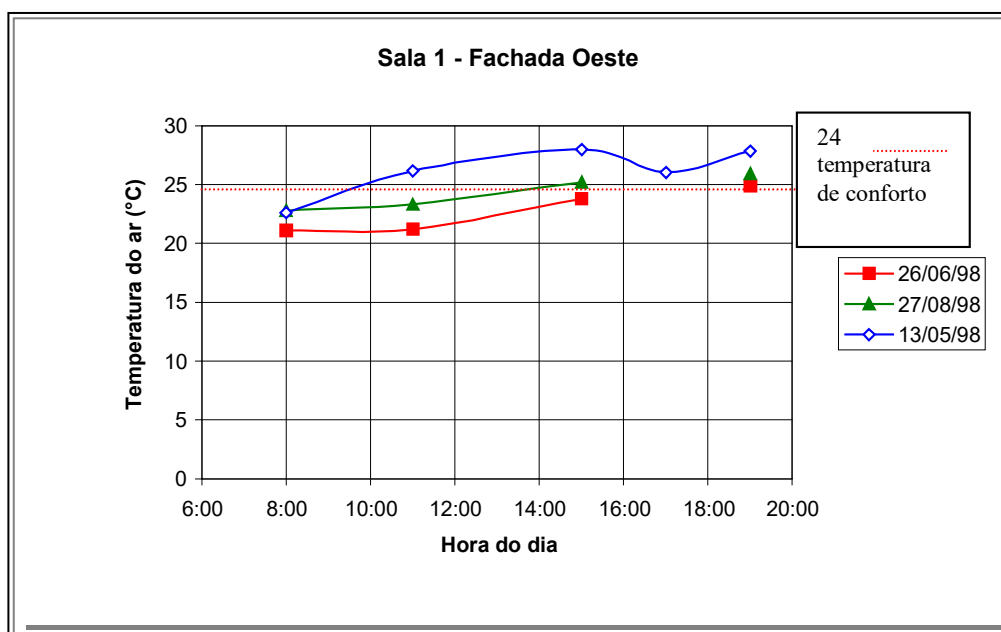


Fig. 67. Gráfico da temperatura do ar – sala 1, fachada oeste.

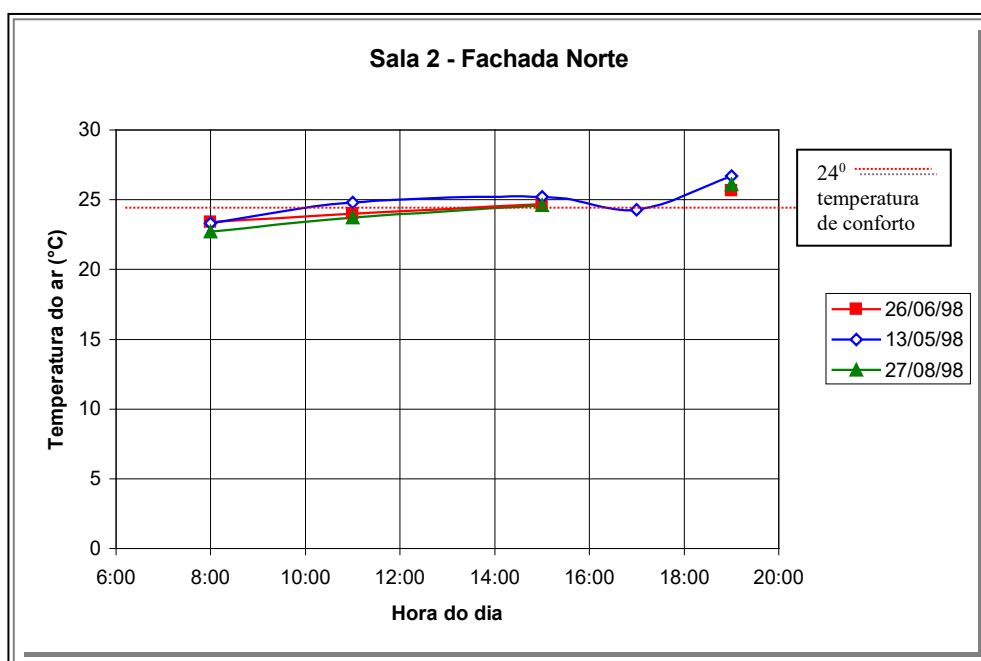


Fig. 68. Gráfico da temperatura do ar – sala 2, fachada norte.

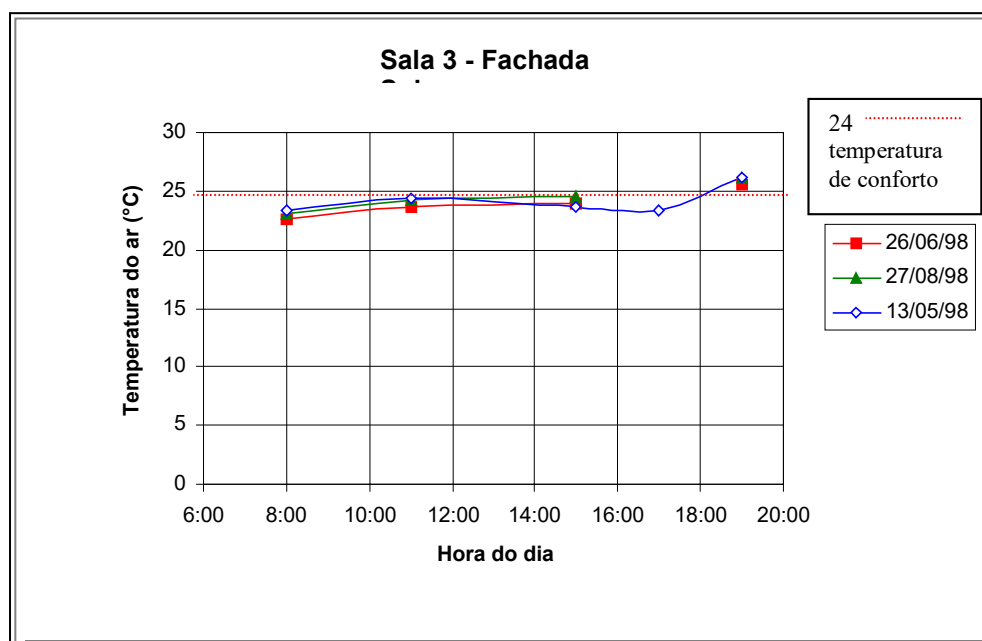


Fig. 69. Gráfico da temperatura do ar – sala 3, fachada sul.

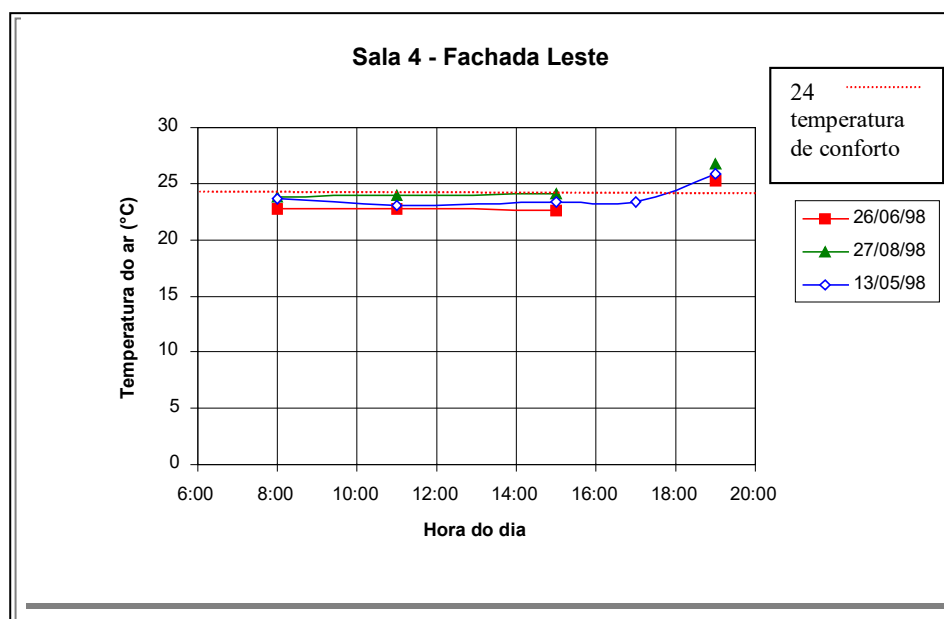


Fig.70. Gráfico da temperatura do ar – sala 4, fachada leste.

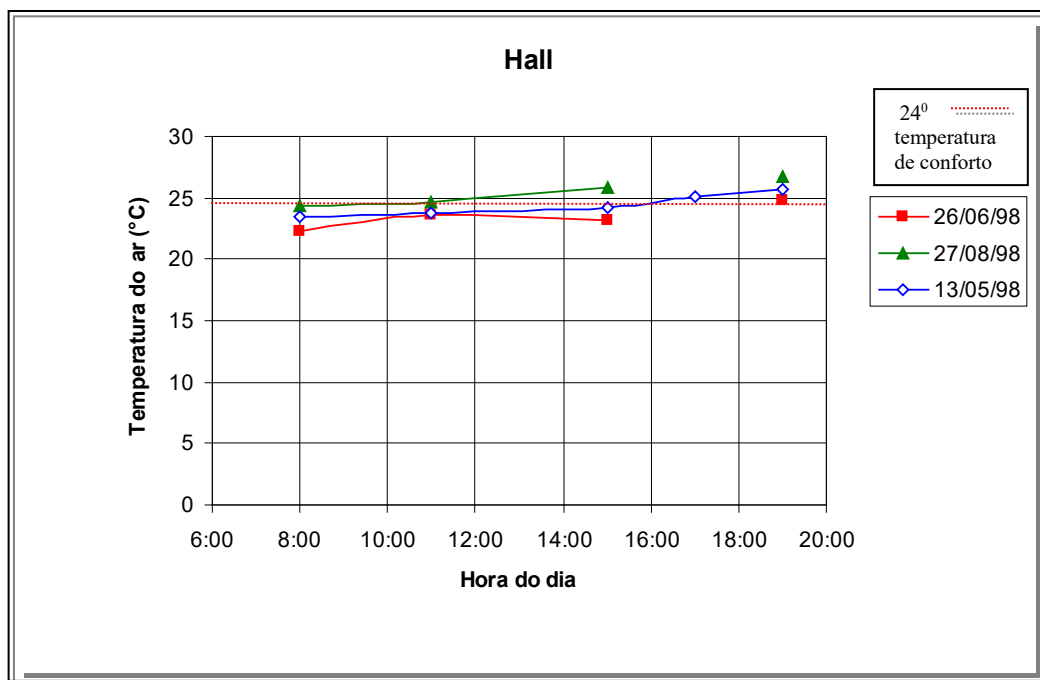


Fig.71. Gráfico da temperatura do ar – hall.

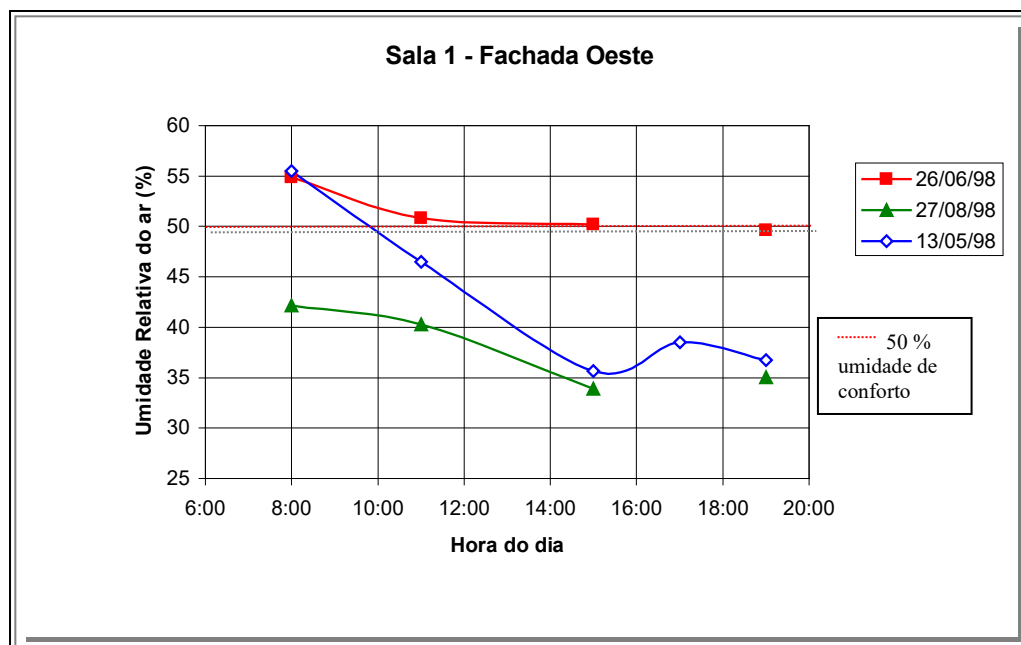


Fig. 72. Gráfico da umidade relativa do ar – sala 1, fachada oeste.

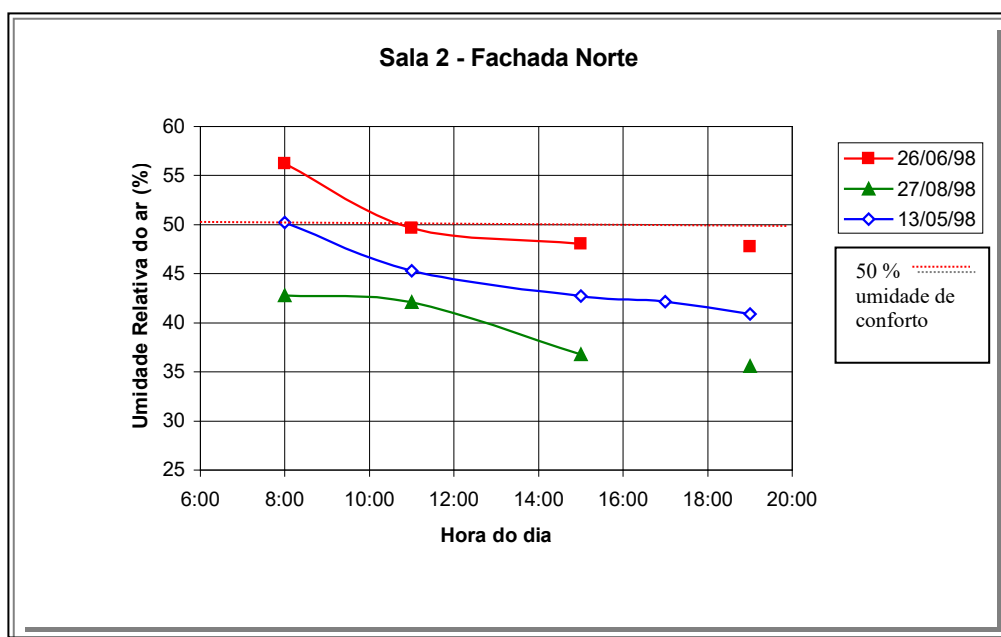


Fig. 73. Gráfico da umidade relativa do ar – sala2, fachada norte.

A partir das tabelas 19 a 22, no período do dia em que o ar condicionado esteve em funcionamento, e com os dados do INMET, verificou-se que:

- a temperatura do ar externa foi mais elevada em agosto do que em maio e junho;
- a umidade relativa do ar interna e externa foi mais baixa em agosto do que em maio e junho;
- a sala 1, fachada oeste, foi a que obteve maior variação de temperatura e umidade relativa do ar, nas três datas: 7,1° C, 3° C, 2° C e 22,7%, 6,7% e 8,3%;
- com o ar condicionado desligado, sábado e domingo, os aparelhos TINY-TAG registraram temperaturas bem elevadas, em maio e em junho, mostrando que a sala absorveu calor;
- com o ar condicionado desligado, sábado e domingo, os aparelhos TINY-TAG registraram umidade relativa maior em maio do que em junho.

Na sala 1 , fachada oeste:

- a temperatura do ar oscilou muito nos 3 meses, dentro dos horários de medição;
- a temperatura do ar em maio esteve mais alta do que em junho e agosto;
- a umidade relativa do ar em agosto foi mais baixa (34,5%);
- a umidade relativa do ar em maio foi mais alta (59,5%);
- a umidade relativa do ar oscilou em 25%, de maio a agosto

Na sala 2 , fachada norte:

- a temperatura do ar esteve praticamente coincidente nos 3 meses em torno, de 25°C;
- a umidade relativa do ar oscilou em 20%, de junho a agosto;
 - a umidade relativa do ar em agosto foi mais baixa.

Na sala 3, fachada sul:

- a temperatura do ar esteve praticamente coincidente nos três meses, em torno de 24°C;
- a umidade relativa do ar oscilou muito pouco nos três meses.

Na sala 4, fachada leste:

- a temperatura do ar esteve mais baixa em junho do que em maio e agosto;

No hall:

- a temperatura do ar esteve mais baixa em junho do que em maio e agosto.

5.3.2.6 Resultados dos dados da temperatura do ar obtidos dos dias 15/09 a 18/09/98 (medições internas)

Nos dias 15/09 a 18/09, segunda-feira a quinta-feira, das 18 às 7h 30min, o sistema de ar condicionado esteve desligado e das 7h 30min às 18 h esteve em funcionamento.

No dia 15/09, na sala 1, fachada oeste, o sistema de ar condicionado entrou em funcionamento às 13h, por problemas de manutenção.

A tabela 23 e o gráfico da figura 74 indicam os dados de temperatura do ar, na sala 1, fachada oeste, registrados pelo TINY-TAG e pelo METASYS, no dia 15/09.

Tabela 23

Dados da temperatura do ar (° C) na sala 1, fachada oeste, dia 15/09/98, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG e pelo METASYS.

HORÁRIO	TEMPERATURA DO AR TINY-TAG (° C)	TEMPERATURA DO AR METASYS (° C)
13:15	24,1	26,0
13:30	24,3	25,8
13:45	24,5	25,8
14:00	24,7	25,8
14:15	24,9	25,9
14:30	24,9	25,9
14:45	25,5	25,8
15:00	25,5	25,8
15:15	25,8	25,7
15:30	25,8	25,7
15:45	25,8	25,6
16:00	26,0	25,4
16:15	26,0	25,4
16:30	26,0	25,4
16:45	26,0	25,4
17:00	26,0	25,4
17:15	25,5	25,3
17:30	25,1	25,3
17:45	25,1	25,4
18:00	25,5	25,4

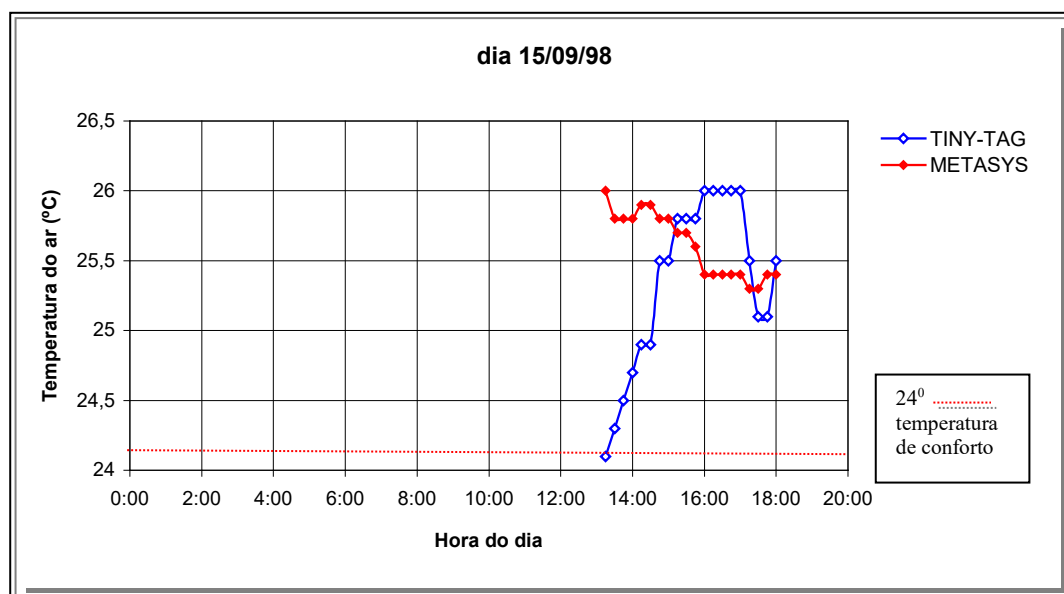


Fig. 74. Gráfico de temperatura do ar na sala 1, fachada oeste, no dia 15/09/98, estando o ar condicionado ligado.

Obteve-se poucos dados neste dia para a aferição dos aparelhos TINY-TAG com o METASYS porém, a partir da Tabela 23, estando o ar condicionado em funcionamento, pode-se observar que:

- as leituras de temperatura do ar obtidas pelo sensor METASYS foram a mínima de 25,3° C, às 17h15min e às 17h30min e a máxima de 26,0° C, às 13h15min, quando o ar condicionado entrou em funcionamento. . A variação entre as temperaturas mínima e a máxima foi de 0,6° C;
- as leituras de temperatura do ar obtidas pelos aparelhos TINY-TAG foram a mínima de 24,1° C, às 13h15min, quando o ar condicionado entrou em funcionamento e a máxima de 26,0° C, às 16h, 16h15min, 16h30min, 16h45min e 17h. A variação entre as temperaturas mínima e máxima foi de 1,9° C.

A tabela 24 e o gráfico da figura 75 indicam os dados da temperatura do ar, no período em que o ar condicionado não esteve em funcionamento, na sala 1, de 18:30h às 7h, nos dias 15 e 16/09/98.

Tabela 24

Dados da temperatura do ar (° C) na sala 1, fachada oeste, dias 15/09/98 e 16/09/98, estando o prédio com o ar condicionado desligado, registrada pelo TINY-TAG e pelo METASYS.

HORÁRIO	TEMPERATURA DO AR TINY-TAG (° C)	TEMPERATURA DO AR METASYS (° C)
18:30	26,6	26,9 mínima
19:00	27,0	27,8
19:30	27,2 máxima	28,3 máxima
20:00	27,2	28,3
20:30	27,2	28,1
21:00	27,2	28,1
21:30	27,0	28,1
22:00	27,0	28,0
22:30	27,0	27,9
23:00	26,8	27,9
23:30	26,8	27,9
24:00	26,8	27,9
00:30	26,8	27,9
1:00	26,8	Sem registro
1:30	26,6	27,8
2:00	26,6	27,8
2:30	26,6	27,8
3:00	26,6	27,8
3:30	26,4	27,8
4:00	26,4	27,8
4:30	26,4	27,8
5:00	26,4	27,8
5:30	26,4	27,8
6:00	26,4	27,7
6:30	26,2 mínima	27,7
7:00	26,4	27,8

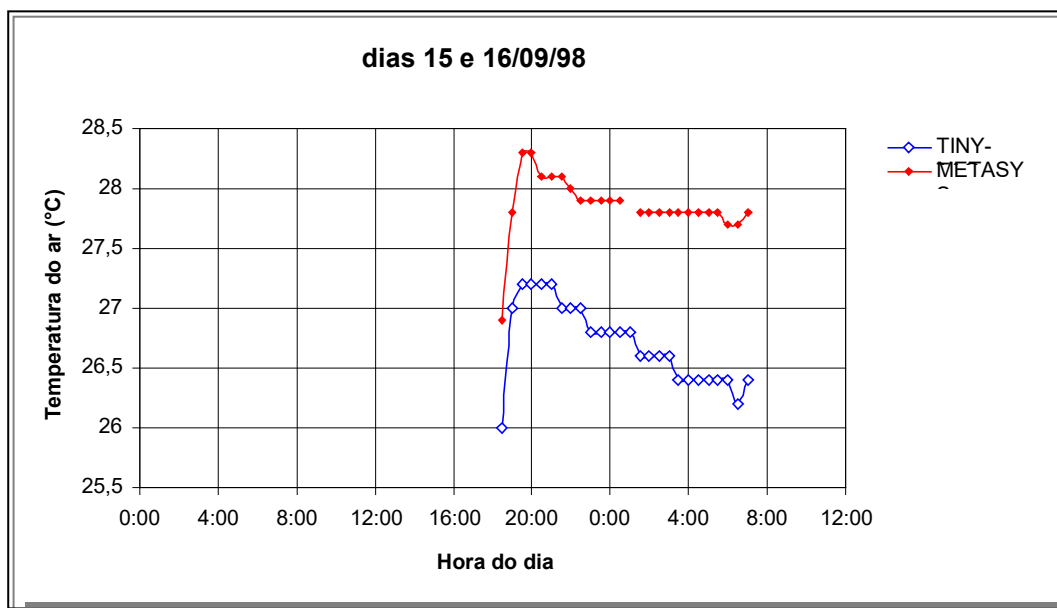


Fig. 75. Gráfico de temperatura do ar na sala 1, fachada oeste, nos dias 15/09 e 16/09/98, sem ar condicionado.

Segundo os dados do INMET, no dia 15/09, foram registradas a temperatura e umidade relativa do ar externas mínimas de 24,4° C e 12,0%, entre 15h e 16h e as temperatura e umidade relativa do ar externas máximas foram de 32,2° C e 38,0%, às 7h. A insolação registrada foi de 10,0 h e a precipitação foi de 0,0 mm e também neste dia foi registrada a umidade relativa do ar mais baixa do mês de setembro, de 12% às 15h e às 16h.

A tabela 25 e o gráfico da figura 76 indicam os dados da temperatura do ar, no período em que o ar condicionado esteve ligado, na sala 2, de 7h 30min às 18h, no dia 16/09/98.

Tabela 25

Dados da temperatura do ar (° C) na sala 2, fachada norte, dia 16/09/98, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG e pelo METASYS.

HORÁRIO	TEMPERATURA DO AR TINY-TAG (° C)	TEMPERATURA DO AR METASYS(° C)
7:30	26,8 máxima	27,3
7:45	26,6	27,5 máxima
8:00	24,3	25,5
8:15	23,9	24,1
8:30	23,7	23,5
8:45	23,7	23,4
9:00	23,7	23,1
9:15	23,7	22,9
9:30	24,1	23,1
9:45	24,3	23,3
10:00	24,3	23,3
10:15	24,5	23,6
10:30	24,5	23,4
10:45	24,5	23,3
11:00	24,5	23,4
11:15	24,5	23,3
11:30	24,5	23,4
11:45	24,5	23,3
12:00	24,3	23,2
12:15	24,3	23,0
12:30	24,1	22,9
12:45	24,1	22,9
13:00	23,9	22,8
13:15	23,9	22,7
13:30	23,9	22,6
13:45	23,9	22,7
14:00	23,9	22,7
14:15	24,1	22,9
14:30	23,9	22,9
14:45	23,9	22,9
15:00	23,9	23,0
15:15	23,7	22,9
15:30	23,7	22,7
15:45	23,5	22,7
16:00	23,7	22,7
16:15	23,7	22,7
16:30	23,3	22,7
16:45	23,3	22,6
17:00	23,1	22,6
17:15	23,1	22,6
17:30	22,9	22,5
17:45	22,7 mínima	22,4 mínima
18:00	24,5	22,7

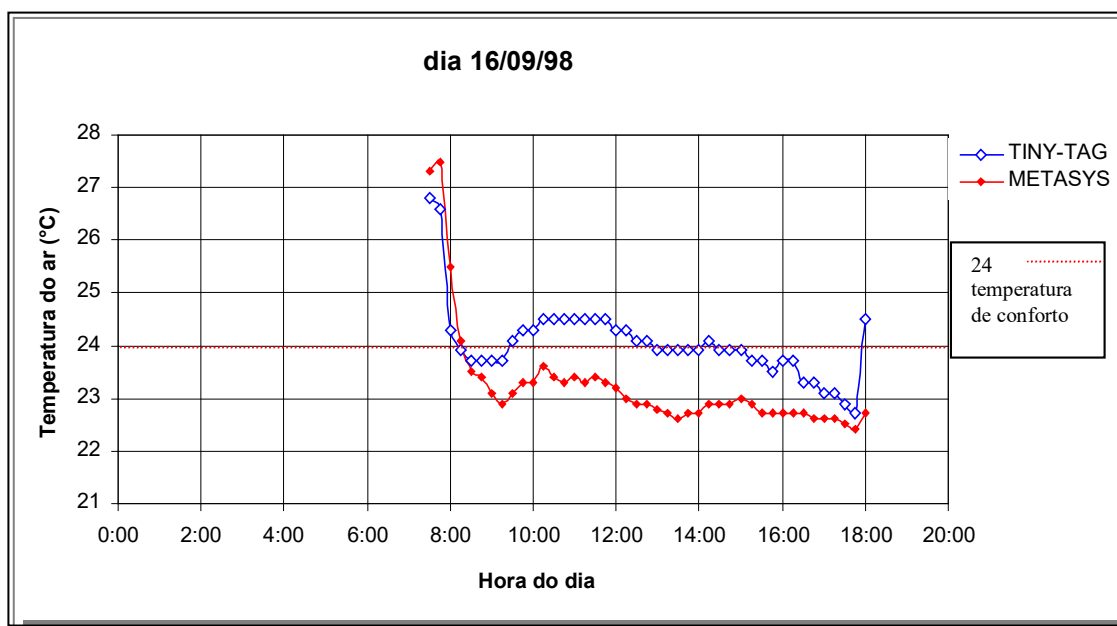


Fig. 76. Gráfico da temperatura do ar na sala 2, fachada norte, no dia 16/09/98, ar condicionado ligado.

Segundo os dados do INMET, no dia 16/09, as temperatura e umidade relativa do ar mínimas externas foram de 18,9° C e 14,0%, às 15h e as temperatura e umidade relativa do ar máximas externas foram de 33,3° C e 37,0%, às 7h. A insolação foi de 9,7 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

A tabela 26 e o gráfico da figura 77 indicam os dados da temperatura do ar, no período em que o ar condicionado não esteve em funcionamento, na sala 2, de 18h 30min às 7h, nos dias 16 e 17/09/98.

Tabela 26
 Dados da temperatura do ar (° C) na sala 2, fachada norte, dias 16/09/98 e 17/09/98, estando o prédio com o ar condicionado desligado, registrada pelo TINY-TAG e pelo METASYS.

HORÁRIO	TEMPERATURA DO AR TINY-TAG (° C)	TEMPERATURA DO AR METASYS (° C)
18:30	26,2 mínima	25,7 mínima
19:00	26,6	26,8
19:30	26,8 máxima	27,5 máxima
20:00	26,8	27,4
20:30	26,8	27,2
21:00	26,8	27,1
21:30	26,8	27,0
22:00	26,8	26,8
22:30	26,6	26,8
23:00	26,6	26,8
23:30	26,6	26,8
24:00	26,6	26,8
00:30	26,6	26,8
1:00	26,6	26,8
1:30	26,4	26,8
2:00	26,4	26,9
2:30	26,4	26,8
3:00	26,4	26,9
3:30	26,4	26,9
4:00	26,4	26,9
4:30	26,4	26,9
5:00	26,4	26,9
5:30	26,4	26,9
6:00	26,4	26,9
6:30	26,4	26,9
7:00	26,4	27,0

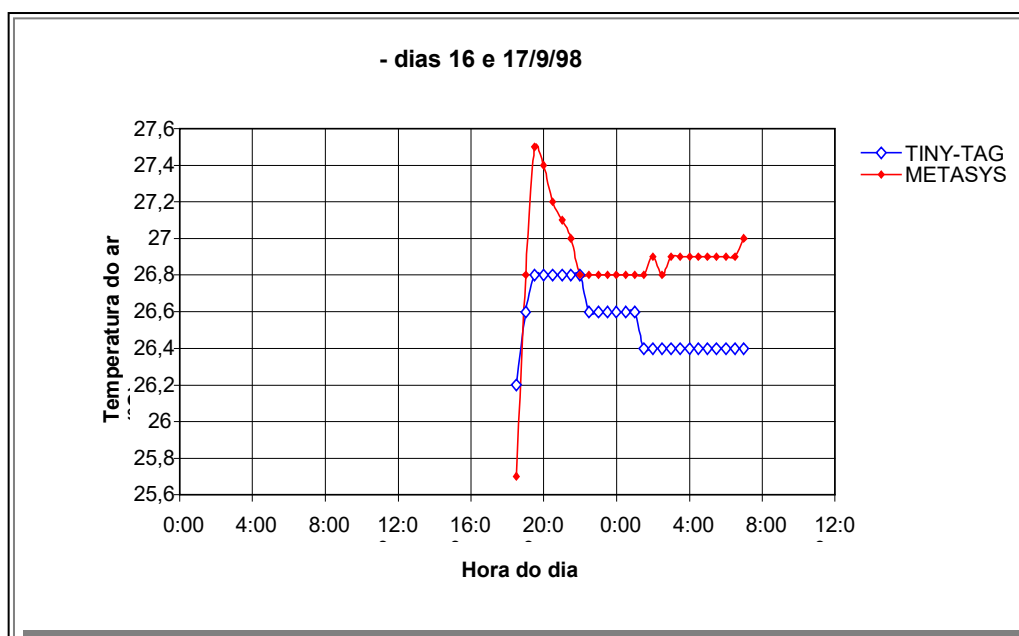


Fig. 77. Gráfico da temperatura do ar na sala 2, fachada norte, no dia 16/09/98, ar condicionado desligado

A tabela 27 e o gráfico da figura 78 indicam os dados da temperatura do ar, no período em que o ar condicionado esteve ligado, na sala 3, de 7h 30min às 18h, no dia 17/09/98.

Tabela 27

Dados da temperatura do ar (° C) na sala 3, no dia 17/09/98, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG e pelo METASYS.

HORÁRIO	TEMPERATURA DO AR TINY-TAG (° C)	TEMPERATURA DO AR METASYS (° C)
7:30	26,00	27,3
7:45	26,2 máxima	27,4 máxima
8:00	25,5	26,2
8:15	24,9	24,8
8:30	24,9	24,3
8:45	24,7	24,1
9:00	24,7	23,9
9:15	24,3	23,5
9:30	24,3	23,2
9:45	24,1	23,1
10:00	23,9 mínima	23,0 mínima
10:15	24,3	23,1
10:30	24,5	24,3
10:45	24,5	23,9
11:00	24,5	24,0
11:15	24,5	24,1
11:30	24,5	24,2
11:45	24,5	24,2
12:00	24,5	24,1
12:15	24,5	24,1
12:30	24,5	24,3
12:45	24,5	24,5
13:00	24,7	24,7
13:15	24,7	24,9
13:30	24,5	25,2
13:45	24,7	25,3
14:00	24,7	25,3
14:15	24,7	25,7
14:30	24,7	25,9
14:45	24,7	25,7
15:00	24,5	25,3
15:15	24,5	25,3
15:30	24,5	25,6
15:45	24,5	25,7
16:00	24,5	25,8
16:15	24,5	25,4
16:30	24,3	24,8
16:45	24,3	24,8
17:00	24,3	24,7
17:15	24,3	24,6
17:30	24,3	24,5
17:45	24,3	24,3
18:00	24,7	24,5

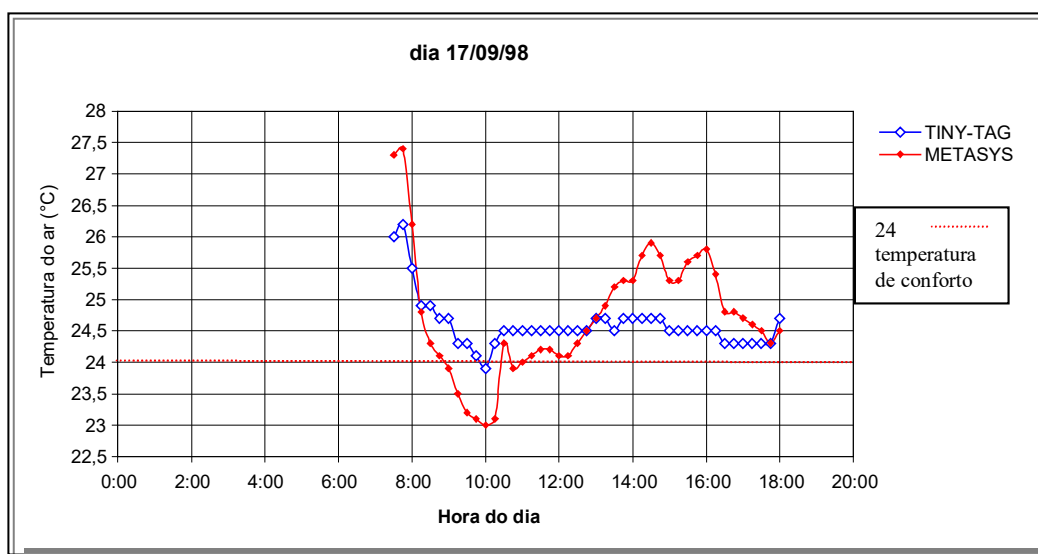


Fig. 78. Gráfico da temperatura do ar na sala 2, fachada norte, no dia 16/09/98, ar condicionado ligado.

Segundo os dados do INMET, no dia 17/09, as temperatura e umidade relativa do ar mínimas externas foram de 21,0° C e 14%, às 15h e as temperatura e umidade relativa do ar máximas externas foram de 33,3° C e 32,0%, às 7h. A insolação foi de 7,5 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

A tabela 28 e o gráfico da figura 79 indicam os dados da temperatura do ar, no período em que o ar condicionado não esteve em funcionamento, na sala 3, de 18h 30min às 7h, nos dias 17 e 18/09/98.

Tabela 28

Dados da temperatura do ar (° C) na sala 3, fachada sul, nos dias 17/09/98 e 18/09/98, estando o prédio com o ar condicionado desligado, registrada pelo TINY-TAG e pelo METASYS.

HORÁRIO	TEMPERATURA DO AR TINY-TAG (° C)	TEMPERATURA DO AR METASYS (° C)
18:30	26,0	26,8 mínima
19:00	26,4	27,6
19:30	26,6 máxima	27,9 máxima
20:00	26,4	27,8
20:30	26,2	Sem registro
21:00	26,2	27,5
21:30	26,0	27,4
22:00	25,8	27,2
22:30	25,8	27,1
23:00	25,8	27,1
23:30	25,5	27,0
24:00	25,5	27,0
00:30	25,5	27,0
1:00	25,5	26,9
1:30	25,5	26,9
2:00	25,5	26,9
2:30	25,5	26,9
3:00	25,5	26,8 mínima
3:30	25,5	26,8
4:00	25,5	26,8
4:30	25,5	26,8
5:00	25,5	26,8
5:30	25,3 mínima	26,8
6:00	25,3	26,8
6:30	25,3	26,8
7:00	25,5	26,8

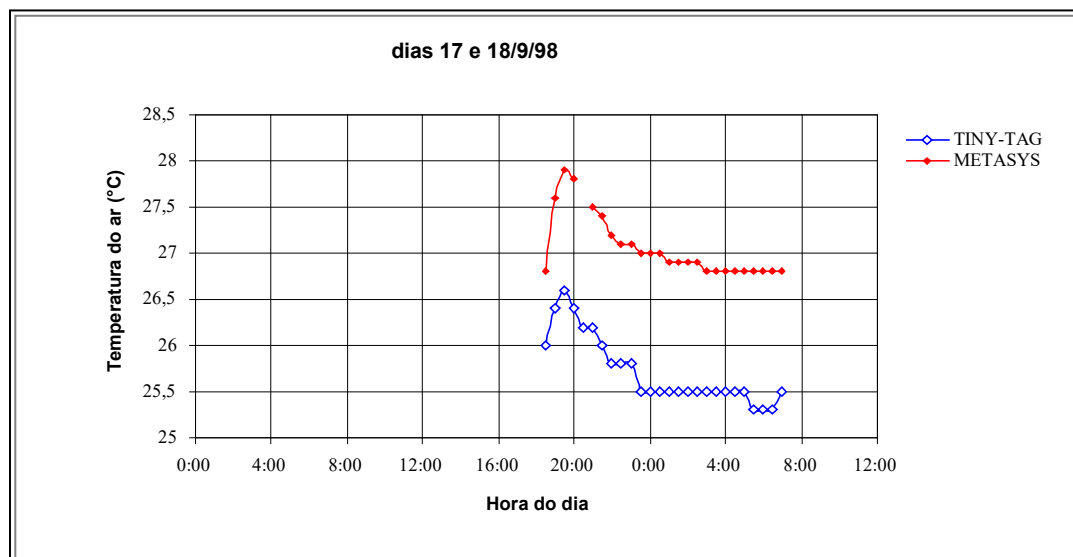


Fig. 79. Gráfico da temperatura do ar na sala 3, fachada sul, nos dias 17/09/98 e 18/09/98, sem ar condicionado ligado.

A partir das tabelas 25 e 27, nas salas 2 e 3, as temperaturas do ar são praticamente coincidentes, nos horários de máximas e mínimas. A pequena diferença acredita-se que tenha ocorrido pela localização dos aparelhos e pelo intervalo das leituras.

- no dia 16/09 as temperaturas do ar mínima e máxima registradas pelo METASYS foram de 22,4° C, às 17h45min e 27,5° C, às 7h45min na sala 2, fachada norte, estando o prédio com o ar condicionado ligado. A variação entre a temperatura do ar mínima e a máxima foi de 5,0° C;
- no dia 17/09 as temperatura do ar mínima e máxima registradas pelo METASYS foram de 23,0° C, às 10h e 27,4° C, às 7h45min na sala 3, fachada sul, estando o prédio com o ar condicionado ligado. A variação entre a temperatura do ar mínima e a máxima foi de 4,4° C;

No dia 18/09 as temperatura do ar mínima e máxima registradas pelo METASYS foram de 22,9° C, às 8h45min e 25,6° C, às 8h na sala 4, fachada leste, estando o prédio com o ar condicionado ligado. A variação entre a temperatura do ar mínima e a máxima foi de 2,7° C. Na sala 4, onde não há sensor, as temperaturas do ar nos horários de máxima e mínima são diferentes. Não é possível comparar a leitura de um aparelho localizado dentro da sala e a leitura de outro aparelho localizado fora da sala, pois o sensor está no fan-coil no hall. No dia 18 de setembro, na sala 4, não haverá comparação porque não há sensor de temperatura METASYS instalado na sala.

Segundo os dados do INMET, no dia 18/09, as temperatura e umidade relativa do ar mínimas externas foram de 21,0° C e 21%, às 17h e as temperatura e umidade relativa do ar máximas externas foram de 32,6° C e 44,0%, às 23h. A insolação foi de 7,4 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

Conforme os dados do TINY-TAG, com o ar condicionado desligado na sala 4, a temperatura do ar mínima foi de 25,8°C e a temperatura do ar máxima foi de 26,8° C e pelo METASYS, a mínima foi de 25,2°C e a máxima de 26,2 °C variando 1°C.

A tabela 29 indica os dados da temperatura do ar, no período em que o ar condicionado não esteve em funcionamento, na sala 4, a partir das 18h 30min do dia 19/09/98, sábado.

Tabela 29

Dados da temperatura do ar (° C) na sala 4, estando o prédio com o ar condicionado desligado, sábado, dia 19/09/98, registrada pelo TINY-TAG e pelo METASYS.

Sala	Fachada	Aparelho TINY-TAG		Sensor METASYS	
4	Leste	Temperatura do ar	Horário	Temperatura do ar	Horário
		Mínima 25,1	5:45	Mínima 25,2*	00:00 e 5:30
		Máxima 30,7	10:00	Máxima 26,2*	23:45
INMET		Mínima 20,3	16:00		
		Máxima 32,9	7:00		

Nota: * sensor no fan-coil

Segundo os dados do INMET, no dia 19/09, as temperatura e umidade relativa do ar mínimas externas foram de 20,3° C e 16%, às 16h e as temperatura e umidade relativa do ar máximas externas foram de 32,9° C e 44,0%, às 7h. A insolação foi de 8,7 h e a precipitação foi de 0,0 mm.

No hall, as temperaturas do ar medidas pelo TINY-TAG foram sempre mais elevadas que nas 4 salas.

Para se obter mais leituras para a aferição nas salas 1, 2 e 3, as temperaturas do ar registradas pelos dois aparelhos foram analisadas a cada 15 minutos, estando o prédio com o ar condicionado ligado e a cada 30 minutos, estando o prédio com o ar condicionado desligado.

Conforme os dados das tabelas e dos gráficos, observamos que a diferença entre as leituras das temperaturas do ar registradas pelos dois aparelhos TINY-TAG e METASYS é mínima. A pequena diferença acredita-se que tenha ocorrido pela localização dos aparelhos e pelo intervalo das leituras. O aparelho TINY-TAG foi colocado a 1,80m do piso, em cima de um armário e a leitura foi programada com intervalos de 5 minutos. O sensor do METASYS foi instalado no forro do teto a 2,45m do piso e a leitura foi programada com intervalos de 15 minutos.

As temperaturas do ar mínimas e máximas são registradas praticamente nos mesmos horários pelos dois aparelhos TINY-TAG e METASYS, ver figura 78.

5.3.2.7 Resumo do resultado da aferição dos aparelhos tiny-tag e metasys da temperatura do ar interno obtidos nos dias 15/09 a 18/09/98.

A tabela 30 mostra um resumo dos os dados da temperatura do ar, máximas e mínimas, nas salas 1, 2, 3 e 4, no período em que foram aferidos os aparelhos TINY-TAG e METASYS.

- as temperaturas mínimas e máximas ocorreram praticamente nos mesmos horários;
- os valores de temperaturas mínimas e máximas foram bem próximos, podendo considerar positivo na pesquisa;
- não se pode comparar os valores da sala 1 por causa da revisão nos sensores no dia 15/09;
- não se pode comparar os valores da sala 4 por causa dos sensores não estarem nos mesmos locais e, por isso, estes valores foram diferentes.

Tabela 30
Dados da temperatura do ar (° C) nos 4 ambientes, entre 7h30min e 18h, estando o prédio com o ar condicionado ligado, do dia 15/09 a 18/09/98, registrada pelo TINY-TAG e pelo METASYS.

Sala	Fachada	Aparelho TINY-TAG		Sensor METASYS	
		Temperatura do ar	Horário	Temperatura do ar	Horário
1	OESTE	Mínima 22,7 Máxima 27,0	8:30 7:40	Em revisão	
2	NORTE	Mínima 22,5 Máxima 27,0	17:50 7:35	Mínima 22,4 Máxima 27,5	17:45 7:45
3	SUL	Mínima 23,9 Máxima 26,2	9:50 7:40	Mínima 23,0 Máxima 27,4	10:00 7:45
4	LESTE	Mínima 23,7 Máxima 28,1	15:25 7:45	Mínima 22,9* Máxima 25,6*	8:45 8:00

Nota: * sensor no fan-coil

5.3.2.8 Resultados dos dados da umidade relativa do ar, obtidos nos dias 15/09 a 18/09/98 (medições internas).

A título de informação, no período de 15 a 18/09/98, as tabelas 31 e 32 mostram os dados da umidade relativa do ar, nas salas 1, 2, 3 e 4, estando o ar condicionado em funcionamento.

Tabela 31

Dados da umidade relativa do ar (%) nas salas 1, 2, 3 e 4, entre 7h30min e 18h, estando o prédio com o ar condicionado ligado, registrada pelo TINY-TAG, do dia 15/09 ao dia 18/09/98.

Sala	Fachada	Umidade relativa do ar (%)
1	OESTE	Mínima 28,8 Máxima 45,3
2	NORTE	Mínima 34,5 Máxima 39,1
3	SUL	Mínima 32,2 Máxima 36,8
4	LESTE	Mínima 29,9 Máxima 40,3

Tabela 32

Dados da umidade relativa do ar (%) na sala 4, estando o prédio com o ar condicionado desligado, sábado, dia 19/09/98, registrada pelo TINY-TAG(interno) e pelo INMET (externo).

Sala	Fachada	Umidade Relativa do ar (%)
4	Leste	Mínima 19,3 Máxima 41,5
INMET		Mínima 16,0 Máxima 44,0

5.4 AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO (APO) E RESULTADOS

Segundo Ornstein (1997),

“... a avaliação pós-ocupação é a base de dados científicos para o desenvolvimento de planos diretores de curto, médio e longo prazos no decorrer da vida útil dos ambientes. A APO é um instrumento de diretriz para os profissionais envolvidos com o projeto de arquitetura e engenharia, pois dispõe de diagnósticos e recomendações”.

A presente avaliação pós-ocupação (APO) foi realizada em um edifício de escritórios considerado de última geração, ou seja, fachada de vidro refletivo, ambiente climatizado artificialmente, gerenciamento predial por automação centralizada e espaços internos ergonômicos. A APO visou aferir o nível de satisfação dos usuários, quanto ao conforto térmico e luminoso dos ambientes selecionados e do prédio, como um todo. Foram aplicados questionários junto a dois diferentes grupos:

- 1- o grupo de pessoas que trabalha nas quatro salas analisadas e onde foram feitas as medições;
- 2- as pessoas que trabalham em diferentes setores do prédio, tais como a Administração Predial, o Serviço Médico, a Engenharia de Manutenção e ao próprio usuário dos vários pavimentos, onde não foram feitas medições.

Foi realizada entrevista no Serviço Médico com a médica e a enfermeira e com o operador do sistema de automação predial.

Foi adotada a seguinte linha de ação para a realização da APO:

- feito contato com técnicos, administradores, engenheiro e gerente do controle automatizado do prédio;
- obtido o número total de funcionários do prédio, o número por pavimento, por sala, por bloco e por sexo;

- apresentados os três questionários à Administração do prédio para autorização;
- divulgada a aplicação dos questionários na empresa;
- aplicados os três questionários ao usuário das quatro salas de estudo e aplicado o terceiro e último questionário ao usuário do prédio;
- definido o plano de amostra;
- tabulados os dados dos três questionários;
- elaboradas as conclusões e recomendações.

Os questionários incluíram:

- a edificação como um todo;
- a opinião do usuário em relação à sua sala de trabalho;
- a observação e os comentários do usuário.

Nos questionários foram adotadas respostas com notas de 1 a 5 pontos, ou seja, 1 como pior nota e 5 como melhor nota. O questionário n.º 1 foi aplicado em dois horários, sendo um pela manhã, em torno das 10h, e outro à tarde, em torno das 15h.

As quatro datas de aplicação dos três questionários foram as seguintes:

- no dia 08/05/98 foi aplicado o questionário n.º 1 em nove pessoas que trabalham nas quatro salas estudadas, distribuídas da seguinte maneira:
 - na sala 1, fachada oeste - duas pessoas;
 - na sala 2, fachada norte - três pessoas;
 - na sala 3, fachada sul - duas pessoas;
 - na sala 4, fachada leste - duas pessoas.
- no dia 13/05/98 foi aplicado o questionário n.º 1 no Setor do Serviço Médico à médica e à enfermeira;
- no dia 26/06/98 foi aplicado o questionário n.º 2 em pessoas que trabalham nas quatro salas estudadas, distribuídas da seguinte maneira:

- na sala 1, fachada oeste - uma pessoa;
 - na sala 2, fachada norte - três pessoas;
 - na sala 3, fachada sul - uma pessoa;
 - na sala 4, fachada leste - duas pessoas.
- no dia 27/08/98 foi aplicado o questionário n.º 3 ao usuário dos quatro pavimentos do prédio.

O total da população fixa no prédio é de 493 pessoas. O total da população masculina e feminina é quase o mesmo, separada por pavimento (262 homens e 231 mulheres). A tabela 33 indica esta população.

Tabela 33
Dados da população masculina e feminina que trabalha no prédio, dividida por pavimentos.

1.º pav 89		2.º pav 129		3.º pav 162		4.º pav 52		Térreo 28		1.º Subs. 25		2.º Subs. 08	
M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
57	32	64	65	71	91	30	22	16	12	16	09	08	00

O total de amostras do questionário n.º 3 é de 91 pessoas (= 18,45 %), distribuídas em todos os pavimentos do prédio, conforme os dados a seguir:

- no 1.º pavimento: 22 amostras em 89 (24,71%);
- no 2.º pavimento: 12 amostras em 129 (9,30%);
- no 3.º pavimento: 27 amostras, sendo 25 nas salas selecionadas, em 162 (16,66%);
- no 4.º pavimento: 20 amostras, sendo 14 nas salas selecionadas, em 52 (38,46%);
- no térreo: 09 amostras em 28 (32,14%);
- no subsolo: 01 amostra em 08 (12,50%).

Os dados da população fixa do prédio, o total de questionários aplicados e a porcentagem da amostra em relação à população fixa estão indicados na tabela 34.

Tabela 34
Dados da população fixa do prédio, total de questionários aplicados e porcentagem da amostra em relação à população fixa.

	População (a)	Amostra (b)	b/a
Edifício	493	91	18,45%

Segue-se a APO do Edifício General Alencastro, realizada no período em que houve medição de temperatura e umidade relativa do ar internas, ou seja, nas datas 08/05/98, 13/05/98, 26/06/98 e 27/08/98.

5.4.1 RESULTADOS DOS DADOS DA APO NO DIA 08/05/98

No dia 08/05/98 foi aplicado o questionário n.º 1 às pessoas que trabalham nas salas 1, 2, 3 e 4, em dois horários, sendo um pela manhã, em torno das 10h, e outro à tarde, em torno das 15h.

As temperatura e umidade relativa do ar nas salas às 10 h e às 15 h, no dia 08/05/98 estão indicadas na tabela 35.

Tabela 35
Dados da temperatura e umidade relativa do ar na sala 4 às 10 h e às 15 h, no dia 08/05/98.

Salas	10 h		15 h	
	Temperatura do ar (° C)	Umidade relativa do ar (%)	Temperatura do ar (° C)	Umidade relativa do ar (%)
4 (*)	24,1	47,4	23,3	52,8

(*) sensor no fan-coil

Na sala 1, fachada oeste, trabalham duas pessoas que responderam igualmente ao questionário, nos dois horários. As respostas estão no quadro 8.

Quadro 08

Respostas do questionário n.º 1, na sala 1, no dia 08/05/98.

	1. ^a pessoa	2. ^a pessoa
<i>Ambiente da sala agradável</i>		
<i>Ambiente da sala quente</i>		
<i>Ambiente da sala frio</i>	sim	sim
<i>Sabem a temperatura da sala</i>	18° C pela manhã e 21° C à tarde	
<i>Trabalham horário integral</i>	sim	sim
<i>Blusa de manga comprida</i>	sim	sim
<i>Blusa de manga curta</i>		
<i>Calça comprida</i>		
<i>Saia curta</i>		
<i>Tecido leve</i>		
<i>Tecido meio-leve</i>	sim (micro-fibra)	sim (micro-fibra)
<i>Tecido grosso</i>		
<i>Conforto térmico do prédio</i>	ótimo	Ótimo
<i>Conforto visual do prédio</i>	excelente	Excelente
<i>Acham que o prédio poderia melhorar</i>	estacionamento	Estacionamento

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Na sala 2, fachada norte, trabalham três pessoas que responderam igualmente ao questionário, nos dois horários. As respostas estão no quadro 9.

Além das perguntas do questionário n.º 1, as três pessoas acrescentaram as observações relacionadas a seguir:

- acham que ao se retornar da rua o ambiente é desagradável pela variação da temperatura interna e muito quente no início do expediente, pela manhã. O conforto visual foi considerado ótimo, muito bom e bonito, porém, no período da chuva, sem proteção de beiral para as janelas;

- deve haver alteração dos revestimentos de piso e parede, retirando-se o carpete e o tecido das divisórias, para evitar o acúmulo de poeira e de ácaro; elas acham que o usuário poderia controlar a temperatura do ar condicionado e uma pessoa considera o prédio confinado entre os prédios vizinhos.

Quadro 9

Respostas do questionário n.º 1, na sala 2, no dia 08/05/98.

	1. ^a pessoa	2. ^a pessoa	3. ^a pessoa
<i>Ambiente da sala agradável</i>	Sim		
<i>Ambiente da sala quente</i>		Sim	
<i>Ambiente da sala frio</i>			sim
<i>Sabem a temperatura da sala</i>			
<i>Trabalham horário integral</i>	Sim	sim	sim
<i>Blusa de manga comprida</i>		sim	sim
<i>Blusa de manga curta</i>	Sim		
<i>Calça comprida</i>	Sim	sim	sim
<i>Saia curta</i>			
<i>Tecido leve</i>	Sim	sim	sim
<i>Tecido meio-leve</i>			
<i>Tecido grosso</i>			
<i>Conforto térmico do prédio</i>	Bom	agradável	bom
<i>Conforto visual do prédio</i>	Ótimo	muito bom	bonito
<i>Acham que o prédio poderia melhorar</i>	O revestimento de piso e parede, controle da temperatura, mobiliário é velho	o revestimento de piso e parede, controle da temperatura, mobiliário é velho	o revestimento de piso e parede, controle da temperatura, mobiliário é velho

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Na sala 3, fachada sul, trabalham duas pessoas que responderam igualmente ao questionário, nos dois horários. As respostas estão no quadro 10.

Além das perguntas do questionário n.º 1, as duas pessoas acrescentaram as observações relacionadas a seguir:

- alguns locais do prédio são muito frios e outros são agradáveis e querem informação periódica da temperatura e da umidade relativa da sala;
- uma pessoa diz que deveria haver estabilidade da temperatura do ar interna e outra diz que os fumantes deveriam fumar fora da sala, diz que as divisórias e o carpete deveriam ser substituídos por outro material, pois os alérgicos sofrem com a poeira acumulada e diz que as janelas poderiam ser abertas para a utilização da ventilação natural.

Foi observado nesta sala que uma janela esteve sempre aberta e que as persianas ficavam abertas a meia altura.

Quadro 10
Respostas do questionário 1, na sala 3, no dia 08/05/98.

	1.ª pessoa	2.ª pessoa
<i>Ambiente da sala agradável</i>		sim
<i>Ambiente da sala quente</i>	sim	
<i>Ambiente da sala frio</i>		
<i>Sabem a temperatura da sala</i>	de 20° C a 30° C	
<i>Trabalham horário integral</i>	sim	sim
<i>Blusa de manga comprida</i>	sim	
<i>Blusa de manga curta</i>		sim
<i>Calça comprida</i>	sim	sim
<i>Saia curta</i>		
<i>Tecido leve</i>	sim	
<i>Tecido meio-leve</i>		sim
<i>Tecido grosso</i>		
<i>Conforto térmico do prédio</i>	Razoável	contrastante
<i>Conforto visual do prédio</i>	Excelente	bom
<i>Acham que o prédio poderia melhorar</i>	Equilíbrio da temperatura	fumar fora das salas, trocar revestimento de piso e parede, poderia abrir as janelas

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Na sala 4, fachada leste, trabalham duas pessoas que responderam igualmente ao questionário, nos dois horários. As respostas estão no quadro 11.

Além das perguntas do questionário n.º 1, as duas pessoas acrescentaram as observações relacionadas a seguir:

- às 17h30min, quando o ar condicionado foi desligado, percebeu-se alívio por parte delas por não precisarem mais ouvir o barulho do ar condicionado e abriram as janelas imediatamente.

Quadro 11

Respostas do questionário n.º 1, na sala 4, no dia 08/05/98.

	1.ª pessoa	2.ª pessoa
<i>Ambiente da sala agradável</i>	sim	
<i>Ambiente da sala quente</i>		
<i>Ambiente da sala frio</i>		sim
<i>Sabem a temperatura da sala</i>	20° C	22° C
<i>Trabalham horário integral</i>	sim	sim
<i>Blusa de manga comprida</i>	sim	
<i>Blusa de manga curta</i>		sim
<i>Calça comprida</i>	sim	
<i>Saia curta</i>		sim
<i>Tecido leve</i>		
<i>Tecido meio-leve</i>	sim	sim
<i>Tecido grosso</i>		
<i>Conforto térmico do prédio</i>	ótimo	Ótimo
<i>Conforto visual do prédio</i>	ótimo	Ótimo
<i>Acham que o prédio poderia melhorar</i>	muito barulho do ar condicionado	Muito barulho do ar condicionado

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

5.4.2 RESULTADOS DOS DADOS DA APO NO DIA 13/05/98

No dia 13/05/98, às 9 h 15 min., foi aplicado o questionário n.º1 ao Serviço Médico (à médica e à enfermeira). As respostas estão no quadro 12.

Além das perguntas do questionário n.º1, a médica acrescentou as observações relacionadas a seguir:

- o usuário não utiliza a possibilidade de ajustar a temperatura do ar condicionado em sua sala de trabalho, pedindo à Administração do prédio;
- os problemas de saúde dos funcionários se dividem em principais, secundários e terciários, pela ordem de gravidade;
- problemas principais:
 - o pior deles é a liberação do fumo nas salas de trabalho;
 - o piso das salas é em carpete e a divisória é em tecido;
 - o ar condicionado tem funcionamento durante todo o período de trabalho, causando rinite alérgica, cefaléia (ligada ao stress) e sinusite, predominante nos meses de maio a setembro.
- problemas secundários:
 - no monitor de vídeo utilizado pelo usuário aparecem até 26 reflexos das lâmpadas fluorescentes instaladas no teto.
- problemas terciários:
 - quando a época é de muito calor, há uma diferença grande de temperatura interna e externa ao prédio, fazendo com que o usuário contraia amigdalite e tem funcionário cuja mesa de trabalho está embaixo do difusor do ar condicionado;
 - o usuário trabalha agasalhado: os homens de terno e as mulheres de blaser. A médica orienta para que fiquem somente de camisa ou de blusa para não haver uma mudança brusca de temperatura, entre o interior e o exterior do prédio;

- surgem problemas com os ossos por causa da postura de digitação. A Administração do prédio comprou suportes para o punho e para o pé para os digitadores e depois pretende mudar o lay-out dos andares.

Tabela 36
Dados da temperatura e umidade relativa do ar no Serviço Médico às 9 h 15 min., no dia 13/05/98.

Setor	9 h 15 min.	
	Temperatura do ar (° C)	Umidade relativa Do ar (%)
Serviço médico	24,3	52,8

Quadro 12
Respostas do questionário n.º 1, no Serviço Médico, no dia 13/05/98.

	Médica	enfermeira
<i>Ambiente da sala agradável</i>		
<i>Ambiente da sala quente</i>		
<i>Ambiente da sala frio</i>	sim	muito frio pela manhã e à tarde quente
<i>Sabem a temperatura da sala</i>	22°C pela manhã	22°C pela manhã
<i>Trabalham horário integral</i>	não, pela manhã	sim
<i>Blusa de manga comprida</i>	sim	
<i>Blusa de manga curta</i>		sim
<i>Calça comprida</i>	sim	sim
<i>Saia curta</i>		
<i>Tecido leve</i>	sim	
<i>Tecido meio-leve</i>		sim
<i>Tecido grosso</i>		
<i>Conforto térmico do prédio</i>		Bom
<i>Conforto visual do prédio</i>	monótono	Bom
<i>Acham que o prédio poderia melhorar</i>	repensar revestimento das paredes, melhorar a iluminação	

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

5.4.3 RESULTADOS DOS DADOS DA APO NO DIA 26/06/98

No dia 26/06/98 foi aplicado o questionário n.º 2 às pessoas que trabalham nas 4 salas estudadas, às 15h. Os dados da temperatura e umidade relativa do ar, estão na tabela 37.

Tabela 37
Dados da temperatura e umidade relativa do ar nas salas às 11 h e às 15 h, no dia 26/06/98.

Salas	11 h		15 h	
	Temperatura do ar (° C)	Umidade relativa do ar (%)	Temperatura do ar (° C)	Umidade relativa do ar (%)
1	21,2	50,85	23,8	50,2
2	24	49,65	24,7	48,05
3	23,6	50,85	24	49,6
4 (*)	22,7	50,85	22,6	49

(*) Sensor no fan-coil

Na Sala 1, fachada oeste, trabalha uma pessoa que respondeu ao questionário. As respostas estão no quadro 13.

Quadro 13
Respostas do questionário n.º 2, na sala 1, no dia 26/06/98.

	1.ª pessoa
<i>Ambiente da sala agradável</i>	
<i>Ambiente da sala quente</i>	
<i>Ambiente da sala muito quente</i>	
<i>Ambiente da sala frio</i>	
<i>Ambiente da sala muito frio</i>	sim
<i>Não fumante</i>	sim e sem fumantes na sala
<i>Alérgico</i>	sim
<i>Calorento</i>	sim
<i>Friorento</i>	
<i>Tem bronquite</i>	
<i>Acham que a temperatura mudou em agosto</i>	sim, pois o ambiente externo está mais frio e o interno continua esfriando, reclama da falta de controle individual do ar condicionado

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Na sala 2, fachada norte, trabalham três pessoas que responderam ao questionário. As respostas estão no quadro 14.

Quadro 14
Respostas do questionário 2, na sala 2, no dia 26/06/98.

	1. ^a pessoa	2. ^a pessoa	3. ^a pessoa
<i>Ambiente da sala agradável</i>	sim	sim	
<i>Ambiente da sala quente</i>			sim
<i>Ambiente da sala muito quente</i>			
<i>Ambiente da sala frio</i>			
<i>Ambiente da sala muito frio</i>			
<i>Não fumante</i>	sim	Não	não
<i>Alérgico</i>		sim	
<i>Calorento</i>	sim		
<i>Friorento</i>			
<i>Tem bronquite</i>			
<i>Acham que a temperatura mudou em agosto</i>	sim, ficou mais quente		

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Além das perguntas do questionário n.º 2, as duas pessoas acrescentaram as observações relacionadas a seguir:

- consideram o espaço bem iluminado, com luz direta, bem arejado e bem condicionado. O lay-out da sala facilita a integração entre os colegas e a sala é ampla;
- reclamam das divisórias serem em tecido, do piso ser em carpete e da falta de privacidade nas salas de trabalho, devido ao lay-out das divisórias.

Na sala 3, fachada sul, trabalha uma pessoa que respondeu ao questionário. As respostas estão no quadro 15.

Quadro 15

Respostas do questionário n.º 2, na sala 3, no dia 26/06/98.

	1.ª pessoa
<i>Ambiente da sala agradável</i>	
<i>Ambiente da sala quente</i>	
<i>Ambiente da sala muito quente</i>	
<i>Ambiente da sala frio</i>	
<i>Ambiente da sala muito frio</i>	Sim
<i>Não fumante</i>	Sim, mas 4 fumam na sala
<i>Alérgico</i>	Sim
<i>Calorento</i>	
<i>Friorento</i>	Sim
<i>Tem bronquite</i>	
<i>Acham que a temperatura mudou em agosto</i>	Sim, diminuiu internamente

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Além das perguntas do questionário n.º 2, a pessoa acrescentou as observações relacionadas a seguir:

- a luminosidade na sala é boa, mas o sol não penetra totalmente por causa da instalação das persianas, os móveis são escuros, o espaço é confortável e a segurança contra incêndio é boa;
- reclamam das janelas ficarem sempre fechadas, da temperatura baixa do ar condicionado, da sugestiva prisão que o tipo de prédio oferece e da tendência das pessoas em não se movimentarem no ambiente interno, devido ao trabalho ser informatizado.

Na sala 4, fachada leste, trabalham duas pessoas que responderam ao questionário. As respostas estão no quadro 16.

Além das perguntas do questionário n.º 2, as duas pessoas acrescentaram as observações relacionadas a seguir:

- na sala trabalham mais dois funcionários que estão com pneumonia, mais um que está com faringite e outro que está com sinusite e bronquite.

Quadro 16
Respostas do questionário n.º 2, na sala 4, no dia 26/06/98.

	1.ª pessoa	2.ª pessoa
<i>Ambiente da sala agradável</i>		
<i>Ambiente da sala quente</i>		
<i>Ambiente da sala muito quente</i>		
<i>Ambiente da sala frio</i>		
<i>Ambiente da sala muito frio</i>	sim, exageradamente	sim, exageradamente
<i>Não fumante</i>	sim e mais 2 na sala	
<i>Alérgico</i>	sim, com rinite	sim
<i>Calorento</i>		
<i>Friorento</i>	sim	
<i>Tem bronquite</i>	sim	
<i>Acham que a temperatura mudou em agosto</i>	sim, diminuiu	sim, diminuiu

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Segue-se um resumo dos questionários n.ºs 1 e 2 aplicados em uma amostra de 16 pessoas, nas salas 1, 2, 3 e 4:

- na sala 1: as pessoas acharam a sala onde trabalham fria e muito fria e todas estão com problema alérgico;
- na sala 2: uma pessoa achou a sala onde trabalha fria, outra pessoa achou a sala quente e a outra pessoa achou a sala agradável. Todas são alérgicas e duas são fumantes;
- na sala 3: uma pessoa achou a sala onde trabalha muito fria, outra pessoa achou a sala quente e a outra pessoa achou a sala agradável. Todas são alérgicas e quatro são fumantes;
- na sala 4: uma pessoa achou a sala onde trabalha fria, outra pessoa achou a sala muito fria, outra pessoa achou a sala exageradamente fria e a outra pessoa achou a sala agradável. Todas são alérgicas, três são fumantes e todas têm doenças como pneumonia, faringite, sinusite e bronquite.

As 16 pessoas deram algumas opiniões e sugestões relacionadas a seguir:

- as salas são uma sugestiva prisão;
- a temperatura do ar condicionado poderia ser controlada por cada pessoa, porque cada uma sente o ambiente da sala de trabalho diferentemente: frio, quente, muito frio, agradável e exageradamente frio;
- o prédio está confinado no terreno, em relação aos prédios vizinhos;
- a Administração do prédio deveria informar ao usuário a temperatura do ar e a umidade relativa do ar dentro das salas de trabalho;
- as janelas poderiam ser abertas para se utilizar a ventilação natural;
- alguns consideram o conforto visual bom e outros consideram-no ótimo, devido às fachadas serem em vidro refletivo;
- o sol não pode penetrar nas salas de trabalho por causa das persianas instaladas;
- a segurança contra incêndio é boa;

- as salas são amplas, possibilitando integração entre os colegas, porém, não há privacidade;
- a iluminação das salas é boa;
- as divisórias em tecido e o carpete no piso deveriam ser substituídos por outro material.

O condomínio do prédio publica um jornal mensal onde foram lidas as seguintes matérias:

- ... *“na cidade de Brasília o Edifício General Alencastro é considerado como edificação arquitetônica moderna e funcional, pois suas características são bonitas, contemporâneas e transmitem modernidade e eficiência”.*
- ... *“mantenha as janelas sempre fechadas, pois abertas perde-se o ar frio vindo do ar condicionado e o consumo de energia elétrica aumenta”.*
- ... *“todos os reatores das lâmpadas fluorescentes estão sendo substituídos por reatores eletrônicos, mais modernos”.*
- ... *“ao se iniciar o inverno, a temperatura do ar condicionado vai alterar”.*
- ... *“o sistema de ar condicionado será desligado às 18h a partir de 17/08/98, até o período de chuva”.*

5.4.4 RESULTADOS DOS DADOS DA APO NO DIA 27/08/98

No dia 27/08/98 foi aplicado o questionário n.º 3 a 91 pessoas e as respostas estão indicadas nas tabelas 38 e 39.

Tabela 38
Número de pessoas que respondeu ao questionário n.º 3, aplicado do 1.º
ao 4.º pavimentos, no dia 27/08/98.

	1.º Pav. 22 u. amostrais	2.º Pav. 12 u. amostrais	3.º Pav. 27 u. amostrais	4.º Pav. 20 u. amostrais
Ambiente da sala agradável	11	8	11	
Ambiente da sala quente			5	
Ambiente da sala muito quente			5	
Ambiente da sala frio	5		6	12
Ambiente da sala muito frio			2	
Pontos positivos da sala	8 nota 4	5 nota 4	5 nota 4 7 nota 1	6 nota 5 4 nota 4 5 nota 3
Pontos negativos da sala	5 nota 3	3 nota 3	8 nota 3	2 nota 5 1 nota 0
Masculino	15	5	14	7
Feminino	7	7	13	5
Não fumante	19	9	18	18
Alérgico	7	4	11	6
Calorento	8	6	9	6
Friorento	9	3	9	5
Tem bronquite	2	0	0	5
Acham que a temperatura mudou em agosto	10 mais fria	6 mais quente	9 mais quente 8 mais fria	9 mais fria
Sabem a temperatura da sala	3 (22º, 23º e 24º C)	1 (25º C)	4 (21º -22º -23º e 26º C)	3 (21º - 23º e 24º C)
Blusa de manga comprida	9	9	16	16
Blusa de manga curta	16	4	11	5
Calça comprida	22	9	21	12
Tecido leve			10	
Tecido meio leve	15	10	14	16
Tecido grosso				
Conforto térmico do prédio	7 nota 5 9 nota 4	4 nota 4 3 nota 2	6 nota 5 5 nota 4 8 nota 3	5 nota 5 6 nota 4 3 notas 3 e 2
Conforto visual do prédio	11 nota 5	5 nota 4	10 nota 5 5 nota 1	12 nota 4
Acham que o prédio poderia melhorar	3 nota 1	2 nota 3	4 nota 3 4 nota 1	4 nota 4
Iluminação da sala	8 nota 5 7 nota 4	4 nota 5	10 nota 5	10 nota 5 6 nota 4

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Tabela 39
Número de pessoas que respondeu ao questionário n.º 3, aplicado no térreo e no subsolo, no dia 27/08/98.

	Térreo 9 u. amostrais	Subsolo 1 u. amostral
Ambiente da sala agradável	8	
Ambiente da sala quente	1	
Ambiente da sala muito quente		
Ambiente da sala frio	1	1
Ambiente da sala muito frio		
Pontos positivos da sala	7 nota 5 2 nota 4	nota 1
Pontos negativos da sala	2 nota 3	nota 3
Masculino	10	1
Feminino	10	
Não fumante	9	1
Alérgico	2	1
Calorento	4	1
Friorento	4	
Tem bronquite	0	
Acham que a temperatura mudou em agosto	4 mais fria 2 mais quente	1
Sabem a temperatura da sala	3 (22° - 22,5° e 23° C)	1 (21° C)
Blusa de manga comprida	5	
Blusa de manga curta	4	1
Calça comprida	8	1
Tecido leve	5	
Tecido meio leve	3	1
Tecido grosso		
Conforto térmico do prédio	4 nota 5	nota 3
Conforto visual do prédio	3 nota 5	nota 3
Acham que o prédio poderia melhorar	2 nota 5 2 nota 4	nota 3
Iluminação da sala	3 nota 5	nota 1

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

Os dados da temperatura e umidade relativa do ar nas salas 1, 2, 3 e 4 no dia 27/08/98 estão marcados na tabela 40.

O resultado das respostas do questionário n.º 3, nas salas 1, 2, 3 e 4, situadas nos 3.º e 4.º pavimentos, está indicado nas tabelas 41 e 42.

Tabela 40
Dados da temperatura e umidade relativa do ar nas salas às 11 h e às 16 h,
no dia 27/08/98.

Salas	11 h		16 h	
	Temperatura do ar (° C)	Umidade relativa Do ar (%)	Temperatura do ar (° C)	Umidade relativa do ar (%)
1	23,3	40,3	25,2	33,9
2	23,7	42,1	24,6	36,8
3	24,3	41,5	24,6	38,5
4 (*)	24	41,5	24,1	40,9

(*) Sensor no fan-coil

Tabela 41
Número de pessoas que responderam ao questionário n.º 3, aplicado nas salas
de estudo no 3.º e 4.º pavimentos, no dia 27/08/98.

	3º Pavimento		4º Pavimento	
	s/sol fachada sul 17 u. amostrais- Sala 3	sol manhã fachada leste 8 u. amostrais Sala 4	fachada norte 11 u. amostrais- Sala 2	sol à tarde fachada oeste 3 u. amostrais Sala 1
Ambiente da sala agradável	8	3	2	2
Ambiente da sala quente	2	3	1	
Ambiente da sala muito quente	2		0	
Ambiente da sala frio	3	3	8	
Ambiente da sala muito frio	2		2	1
Pontos positivos da sala	6 nota 1	notas variadas	4 nota 5	2 nota 4
Pontos negativos da sala	4 nota 3	3 nota 3	notas variadas	1 notas 2 e 0
Masculino	9	3	6	2
Feminino	8	5	5	1
Não fumante	12	5	9	3
Alérgico	4	6	3	2
Calorento	5	4	4	1
Friorento	7	1	3	1
Tem bronquite	0	0	4	0
Acham que a temperatura mudou em agosto	9 mais quente	3 mais fria	4 mais fria	1 mais fria e 1 mais quente
Sabem a temperatura da sala	2 (21° e 23° C)	1 (26° C)	2 (21° e 23 ° C)	Não sabem
Blusa de manga comprida	12	2	7	3
Blusa de manga curta	4	7	4	1
Calça comprida	14	6	7	2
Tecido leve	4	6	1	
Tecido meio leve	11	1	9	1
Tecido grosso				2
Conforto térmico do prédio	2 notas 5, 4 e 3	2 notas 5, 3 e 2	3 notas 5 e 4	1 notas 5, 3 e 0
Conforto visual do prédio	4 notas 5, 4 e 3 3 nota 1	2 notas 5 e 3	6 nota 5	2 nota 5
Acham que o prédio poderia melhorar	3 nota 3 3 nota 1	1 notas 3, 2 e 1	2 nota 4	1 notas 4 e 3
Iluminação da sala	7 nota 5	2 notas 5 e 4	7 nota 5	1 nota 4

Nota: Não houve resposta das pessoas nas linhas que estão em branco.

UnB

Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

Seguem-se algumas opiniões e sugestões da amostra com 91 pessoas que responderam ao questionário n.º 3.

Opiniões e sugestões das pessoas que trabalham no 1.º pavimento:

- o espaço físico da sala de trabalho é bom;
- a sala é escura;
- há falta de luz direta do sol na sala;
- o carpete deve ser retirado;
- deveria ser proibido fumar na sala de trabalho;
- há muitos reflexos provenientes da iluminação artificial no monitor de vídeo;
- o ambiente é quente para quem trabalha à noite, pois o ar condicionado está desligado;
- há falta de privacidade na sala de trabalho;
- o lay-out da sala deve ser mudado;
- segundo o operador do sistema de automação, a principal reclamação do usuário é a temperatura do ar alta, principalmente no verão, à tarde.

Opiniões e sugestões das pessoas que trabalham no 2.º pavimento:

- a temperatura do ar na sala é ruim;
- há muita luminosidade na sala;
- o carpete deveria ser retirado;
- o sistema de ar condicionado central deveria ser eliminado para poder abrir as janelas;
- há falta de privacidade na sala;
- o sistema de ar condicionado deveria ser ligado mais cedo;
- a iluminação artificial é ruim.

Opiniões e sugestões das pessoas que trabalham no 3.º pavimento:

- devido às lâmpadas ficarem acesas durante todo o dia há reflexos no monitor de vídeo, dificultando o trabalho do usuário;
- a orientação solar do prédio deveria ser outra para a luz do sol poder ser aproveitada;
- retirar o tecido usado nas divisórias, o carpete do piso e o forro do teto;
- retirar o ar condicionado central;
- deveria ser mudado o lay-out porque a visão na sala é a divisória e a persiana escura;
- alguns consideram a sala muito iluminada, causando irritação na vista e dor de cabeça;
- alguns consideram a iluminação artificial da sala boa, porém não penetra a luz do sol;
- não há visão do prédio para o exterior, devido à instalação das persianas;
- a sala é empoeirada e prejudicial à saúde;
- o ambiente da sala é pequeno para a quantidade de pessoas que trabalha nela;
- não há ventilação natural;
- alguns consideram a sala arejada, confortável, limpa e organizada;
- alguns consideram a sala escura, abafada, suja, empoeirada e com pouco espaço para o trabalho;
- deveria ser proibido fumar na sala de trabalho.

Opiniões e sugestões das pessoas que trabalham no 4.º pavimento:

- a sala é clara e a iluminação é boa;
- alguns acham que há excesso de iluminação na sala;
- a sala é uma estufa nos dias quentes;
- deveria ser proibido fumar na sala de trabalho porque as pessoas respiram a fumaça;

- alguns consideram o conforto térmico fora do prédio ótimo;
- a temperatura é muito desagradável em agosto, porque a sala é extremamente fria;
- a temperatura do ar poderia ser administrada melhor porque varia muito;
- retirar o tecido das divisórias;
- a sala é ampla e permite concentração no trabalho;

Opiniões e sugestões das pessoas que trabalham no térreo:

- o piso é bom por ser em granito e não em carpete;
- a sala é clara e a iluminação é boa;
- alguns acham que há excesso de iluminação na sala de trabalho;
- o espaço da sala é pequeno;
- a temperatura do ar poderia ser administrada melhor porque varia muito;
- o carpete do prédio deveria ser sempre lavado;
- segundo o operador do sistema de automação, a principal reclamação do usuário das salas na fachada sul é a baixa temperatura do ar.

Opiniões e sugestões das pessoas que trabalham no subsolo:

- sente-se muita variação da temperatura do ar, quando se caminha pelo prédio;
- há falta de ventilação natural;
- há falta de iluminação natural;
- o ambiente, em geral, é frio;
- segundo o operador do sistema de automação a principal reclamação do usuário é a variação da temperatura do ar condicionado.

5.4.5 RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS E DAS ENTREVISTAS

5.4.5.1 Resumo dos problemas do que atingem o usuário, verificados nos questionários:

- iluminação superficial excessiva nas salas de trabalho;
- carpete utilizado como material de piso;
- tecido utilizado como material de revestimento das divisórias;
- grande variação da temperatura do ar interna ao prédio;
- falta de iluminação e ventilação naturais nas salas de trabalho;
- liberdade de fumo dentro das salas de trabalho, ocasionando problemas de saúde;
- falta de comunicação interna com a externa do prédio, através das janelas de vidro, devido à instalação das persianas.

5.4.5.2 Resultado das entrevistas:

O resultado da entrevista com a médica mostrou que há três tipos de problemas, vindos dos mais graves aos mais amenos, como por exemplo:

- a liberação do fumo dentro das salas de trabalho ocasiona problemas de saúde como as alergias;
- a iluminação superficial excessiva das salas de trabalho produz vários reflexos nos monitores de vídeo;
- a grande variação da temperatura do ar interna ao prédio ocasiona problemas de saúde como a gripe;
- o carpete utilizado como material de piso ocasiona problemas de saúde como as alergias;
- o tecido utilizado como material de revestimento das divisórias ocasiona problemas de saúde como as alergias.

O resultado da entrevista com o operador do sistema de automação predial mostrou os diversos problemas, como por exemplo:

- o principal problema que o usuário reclama é o ar condicionado do prédio, porque as diferentes temperaturas, no mesmo ambiente, fazem com que uma pessoa peça para aumentar e outra peça para diminuir a temperatura do ar;
- o usuário reclama, principalmente no verão, à tarde, da temperatura alta, dizendo que a sala está quente, no Bloco B do 1.º pavimento, fachadas oeste, norte e sul. Há concentração de trabalhadores nestas salas;
- há muita reclamação da temperatura baixa, por parte dos que trabalham na sala localizada na fachada sul do térreo.

APÊNDICE

QUESTIONÁRIO 1

Ed. General Alencastro
SEP 702/902, lote B - Asa Sul
4.º / 3.º pavimento
Brasília - DF

1- Como é o ambiente da sua sala de trabalho?

Quente () Frio ()
Muito quente () Muito frio ()
Agradável ()

2- Com que vestimenta você costuma trabalhar?

blusa de manga curta ()
blusa de manga comprida ()
calça comprida ()
saia ou vestido curto ()
saia ou vestido comprido ()

3- Qual é o tipo de tecido de sua roupa?

leve ()
meio leve ()
grosso ()

4- Você sabe a temperatura da sua sala de trabalho?

Sim () Não ()
Se a resposta for sim, qual é?

5- Qual sua opinião sobre este prédio, em termos de:

Conforto térmico
Visual
Outros

6- O que você acha que poderia ser melhor neste prédio?

.....
.....

Nome..... Horário de trabalho

Setor Andar

Fachada do sol pela manhã () do sol à tarde () sem sol ()

Brasília,/ 05 / 98 horas

Departamento de Pós-graduação FAU - UNB

Arq. Eliete de Pinho Araujo/Prof. Márcio Villas Boas

QUESTIONÁRIO 2

Ed. General Alencastro
SEP 702/902, lote B - Asa Sul
4.º / 3.º pavimento
Brasília - DF

1- Como é o ambiente da sua sala de trabalho?

Quente () Frio ()
Muito quente () Muito frio ()
Agradável ()

2- Pontos positivos da sua sala.....

3- Pontos negativos da sua sala.....

4- Você é fumante? Alguém fuma em sua sala? Quantos?

5-Você é? alérgico
tem bronquite
frioento
calorento

6-Você acha que este mês mudou a temperatura de sua sala de trabalho?

Fale sobre isto

Nome..... Horário de trabalho

Brasília,/ 06 / 98 horas Fachada

FAU - UNB / Arq. Eliete de Pinho Araujo

QUESTIONÁRIO 3

Ed. General Alencastro
SEP 702/902, lote B - Asa Sul
Brasília - DF

1- Como é o ambiente da sua sala de trabalho?

Quente () Frio ()
Muito quente () Muito frio ()
Agradável ()

2- Pontos positivos da sua sala

Nota de 1 a 5: ()

3- Pontos negativos da sua sala

Nota de 1 a 5: ()

4- Quantas pessoas trabalham em sua sala? Masc. () Fem. ()

5- Você é fumante? Alguém fuma em sua sala? Quantos?

Você é ? alérgico friorento
calorento tem bronquite

6- Você acha que este mês mudou a temperatura de sua sala de trabalho?

Mais fria () Mais quente ()

Fale sobre isto

7- Você sabe a temperatura da sua sala? Sim () Qual? Não ()

8- Em geral você trabalha com blusa de manga curta () ou comprida () ?

calça comprida ()
saia curta () ou comprida ()
tecidos leve () ou meio leve () ou grosso ()

9- Qual a sua opinião sobre o prédio, em termos de:

Conforto térmico

Nota de 1 a 5 ()

Conforto visual.....

Nota de 1 a 5 ()

10- O que você acha que poderia ser melhor neste prédio?

Nota de 1 a 5 ()

11- Como é a iluminação da sua sala? Nota de 1 a 5 ()

Fale sobre o assunto

Nome Horário de trabalho

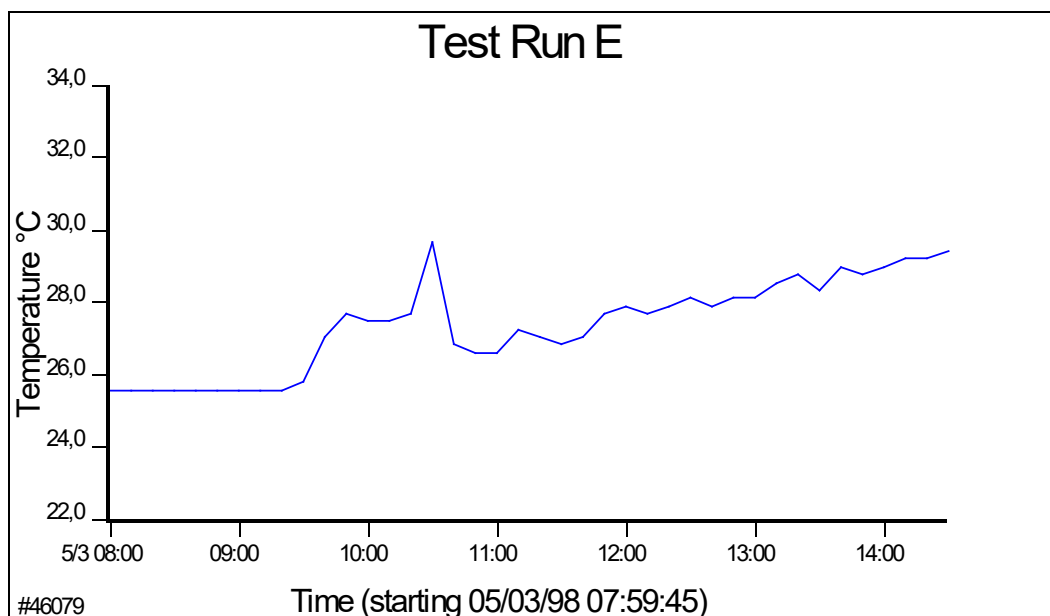
Setor Andar

Fachada do sol pela manhã () do sol à tarde () sem sol ()

Brasília,/ 08 / 98 horas

Departamento de Pós-graduação FAU - UNB
Arq. Eliete de Pinho Araujo/Prof. Márcio Villas Boas

MODELO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO APARELHO TINY-TAG



Data information

Logger

Type Tinytag -10/40°C
 Property Temperature °C
 Reading capacity 7900
 Serial number 46079

Logging run

Title Test Run E
 Interval 10 Mins
 Reading type Normal
 Start mode Delayed (16 Hrs)
 Stop mode Stop after 40 readings

Offload

Date Wednesday, 22 de April de 1998 16:26
 Logger state Stopped
 Total readings 40
 User name

Statistics for full range of data

First reading time Thursday, 5 de March de 1998 07:59:45
 Last reading time Thursday, 5 de March de 1998 14:29:45
 Readings 40
 Minimum reading 25,5 °C
 Maximum reading 29,6 °C
 Average reading 27,3 °C

UnB

Test Run E S/N 46079

No.	Date	Time	Temperature °C
1	Thursday, 5 de March de 1998	07:59:45	25,5
2	Thursday, 5 de March de 1998	08:09:45	25,5
3	Thursday, 5 de March de 1998	08:19:45	25,5
4	Thursday, 5 de March de 1998	08:29:45	25,5
5	Thursday, 5 de March de 1998	08:39:45	25,5
6	Thursday, 5 de March de 1998	08:49:45	25,5
7	Thursday, 5 de March de 1998	08:59:45	25,5
8	Thursday, 5 de March de 1998	09:09:45	25,5
9	Thursday, 5 de March de 1998	09:19:45	25,5
10	Thursday, 5 de March de 1998	09:29:45	25,8
11	Thursday, 5 de March de 1998	09:39:45	27,0
12	Thursday, 5 de March de 1998	09:49:45	27,7
13	Thursday, 5 de March de 1998	09:59:45	27,4
14	Thursday, 5 de March de 1998	10:09:45	27,4
15	Thursday, 5 de March de 1998	10:19:45	27,7
16	Thursday, 5 de March de 1998	10:29:45	29,6
17	Thursday, 5 de March de 1998	10:39:45	26,8
18	Thursday, 5 de March de 1998	10:49:45	26,6
19	Thursday, 5 de March de 1998	10:59:45	26,6
20	Thursday, 5 de March de 1998	11:09:45	27,2
21	Thursday, 5 de March de 1998	11:19:45	27,0
22	Thursday, 5 de March de 1998	11:29:45	26,8
23	Thursday, 5 de March de 1998	11:39:45	27,0
24	Thursday, 5 de March de 1998	11:49:45	27,7
25	Thursday, 5 de March de 1998	11:59:45	27,9
26	Thursday, 5 de March de 1998	12:09:45	27,7
27	Thursday, 5 de March de 1998	12:19:45	27,9
28	Thursday, 5 de March de 1998	12:29:45	28,1
29	Thursday, 5 de March de 1998	12:39:45	27,9
30	Thursday, 5 de March de 1998	12:49:45	28,1
31	Thursday, 5 de March de 1998	12:59:45	28,1
32	Thursday, 5 de March de 1998	13:09:45	28,5
33	Thursday, 5 de March de 1998	13:19:45	28,7
34	Thursday, 5 de March de 1998	13:29:45	28,3
35	Thursday, 5 de March de 1998	13:39:45	29,0
36	Thursday, 5 de March de 1998	13:49:45	28,7
37	Thursday, 5 de March de 1998	13:59:45	29,0
38	Thursday, 5 de March de 1998	14:09:45	29,2
39	Thursday, 5 de March de 1998	14:19:45	29,2
40	Thursday, 5 de March de 1998	14:29:45	29,4

MODELO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO APARELHO METASYS

Trend Data 19/09/98 09:22:49 Page 1
Requested from: SISTEL\OWS1

ID	Item	AttributeDisplay Units
A	SISTEL\BLOCO_A\ANDAR_4\VAR_COND\FC-04\T_RETOR1	VALUE C
B	SISTEL\BLOCO_A\ANDAR_4\VAR_COND\FC-04\T_RETOR2	VALUE C
C	SISTEL\BLOCO_A\ANDAR_4\VAR_COND\FC-04\T_RETOR3	VALUE C

Time & Date	A	B	C
07:00 19 Sep 1998	28.109	27.043	27.691
06:45 19 Sep 1998	28.081	27.014	27.691
06:30 19 Sep 1998	28.081	27.014	27.691
06:15 19 Sep 1998	28.081	27.014	27.691
06:00 19 Sep 1998	28.081	27.014	27.691
05:45 19 Sep 1998	28.081	27.014	27.663
05:30 19 Sep 1998	28.109	27.043	27.691
05:15 19 Sep 1998	28.109	27.043	27.691
05:00 19 Sep 1998	28.138	27.043	27.663
04:45 19 Sep 1998	28.109	27.043	27.663
04:30 19 Sep 1998	28.138	27.043	27.605
04:15 19 Sep 1998	28.138	27.043	27.663
04:00 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.663
03:45 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.663
03:30 19 Sep 1998	28.109	27.014	27.634
03:15 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.663
03:00 19 Sep 1998	28.081	27.014	27.634
02:45 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.634
02:30 19 Sep 1998	28.109	27.014	27.634
02:15 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.634
02:00 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.634
01:45 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.634
01:30 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.634
01:15 19 Sep 1998	28.138	27.043	27.634
01:00 19 Sep 1998	28.138	27.043	27.663
00:45 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.634
00:30 19 Sep 1998	28.138	27.014	27.634
00:15 19 Sep 1998	28.167	27.043	27.663
00:00 19 Sep 1998	28.167	27.043	27.634
23:45 18 Sep 1998	28.167	27.043	27.663
23:30 18 Sep 1998	28.167	27.014	27.634
23:15 18 Sep 1998	28.167	27.043	27.691
23:00 18 Sep 1998	28.196	27.071	27.691
22:45 18 Sep 1998	28.196	27.043	27.691
22:30 18 Sep 1998	28.225	27.071	27.720
22:15 18 Sep 1998	28.254	27.100	27.749
22:00 18 Sep 1998	28.311	27.129	27.778
21:45 18 Sep 1998	28.340	27.187	27.807
21:30 18 Sep 1998	28.484	27.273	27.893
21:15 18 Sep 1998	28.571	27.360	27.922
21:00 18 Sep 1998	28.600	27.360	27.951
20:45 18 Sep 1998	28.657	27.417	27.980
20:30 18 Sep 1998	28.657	27.417	28.008
20:15 18 Sep 1998	28.686	27.461	28.037
20:00 18 Sep 1998	28.758	27.576	28.138
19:45 18 Sep 1998	28.816	27.634	28.254
19:30 18 Sep 1998	28.758	27.576	28.138
19:15 18 Sep 1998	28.600	27.360	27.951
19:00 18 Sep 1998	28.427	27.187	27.691
18:45 18 Sep 1998	28.225	26.927	27.360
18:30 18 Sep 1998	28.037	26.653	26.985
18:15 18 Sep 1998	27.389	26.062	26.394

UnB

Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

Capítulo VI

**Discussão das hipóteses,
conclusões, recomendações e
limitações da pesquisa**

CAPÍTULO VI

6. DISCUSSÃO DAS HIPÓTESES, CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A análise das condições de conforto térmico dos usuários do Edifício General Alencastro foi realizada a partir das medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar feitas com os aparelhos TINY-TAG e a partir da técnica da avaliação pós-ocupação - APO.

Os esforços despendidos nos vários capítulos deste trabalho chegam aqui ao seu fim, porém, em um outro momento, a pesquisa poderá abranger, ainda, o cálculo da economia do consumo de energia, na edificação existente e ainda o cálculo da redução do consumo de energia, quando adotadas intervenções nos projetos de arquitetura e instalações.

A seguir, estão relacionadas as conclusões gerais.

6.1 DISCUSSÃO DAS HIPÓTESES

A partir dos estudos realizados, todas as hipóteses foram confirmadas, como se segue:

Hipótese 1 - No prédio estudado as preocupações quanto ao desempenho térmico e luminoso da edificação e o consumo de energia não foram objetivamente considerados na elaboração do projeto de arquitetura.

Isso pôde ser evidenciado pela existência de salas com características distintas, quanto à forma, ao espaço interior, ao lay-out, ao número de usuários, à orientação solar das aberturas e às proteções solares, identificadas no levantamento de dados e de campo. A programação de temperatura do ar foi a mesma nas 4 salas. Pôde ser evidenciado também pela decisão do projetista em

substituir os brise-soleil pelo vidro refletivo, instalado igualmente nas 4 fachadas com orientação solar diferente. O prédio não foi estudado com vidro refletivo e sim com os brises sombreando os vidros.

Hipótese 2 - As variáveis formuladoras do projeto (variáveis de projeto/concepção, variáveis construtivas, variáveis de acabamento) interferem decisivamente no desempenho térmico e luminoso das edificações.

Isso foi evidenciado, pois as variações de consumo teórico de energia, por meio do condicionamento artificial da temperatura do ar interno são bem grandes. O consumo de energia pelo condicionamento artificial aumenta com o aumento das temperaturas internas do ar dos ambientes que estão acima da zona de conforto.

Hipótese 3 - A técnica de avaliação pós-ocupação das condições de conforto térmico dos usuários em seus ambientes de trabalho pode contribuir para revisão do projeto e para a elaboração de futuros projetos de prédios comerciais.

Isso foi evidenciado por meio dos questionários aplicados ao usuário e por meio das entrevistas, do qual se pôde verificar pontos positivos e pontos negativos do prédio, em relação à iluminação, à ventilação, aos materiais de acabamento utilizados nos postos de trabalho e à temperatura interna dos ambientes.

6.2 CONCLUSÕES

O prédio estudado não é satisfatório, nos seguintes aspectos:

A fachada é em vidro para permitir iluminação natural ao usuário que trabalha junto à janela e para integrar o interior com o exterior. Por ser em vidro, recebe radiação solar direta, transmitindo calor para o interior. Por transmitir calor para o interior, foi instalada a persiana, o que contribuiu para que o prédio se comporte como uma estufa. Ao colocar-se a persiana, o vidro deixou de integrar o exterior com o interior e ao instalar a persiana, como barreira ao ganho de calor

interno, eliminou-se a iluminação natural na periferia, obrigando a utilização da iluminação superficial ininterrupta. As janelas são móveis para poder abrir e com a instalação do ar condicionado central, é proibido abri-las, durante o período em que o ar condicionado está em funcionamento.

O vidro escuro, de cor bronze, contribuiu para aumentar o ganho de calor interno. Contribuiu também para a redução da quantidade de luz que penetra no ambiente interno e, conseqüentemente, no aumento do consumo de energia elétrica para a iluminação.

Os lay-outs dos postos de trabalho permitiram a integração dos usuários das salas e ao mesmo tempo não ofereceram privacidade.

O prédio desencadeou processo de alergia, bronquite, rinite e outras doenças no usuário, devido à utilização ininterrupta do ar condicionado, no horário de trabalho, associada ao tecido usado nas divisórias, ao carpete usado em todo o piso e à iluminação artificial em excesso, causando problemas de visão no usuário. A liberação do fumo nas salas de trabalho piorou o estado de saúde do usuário portador de processo alérgico.

A temperatura do ar na sala 1, fachada oeste, oscilou de 21,1° C a 29,8° C, de junho a agosto e a umidade relativa do ar oscilou de 28,8% a 59,5%, de maio a agosto, dentro do prédio. Quanto à temperatura externa, de maio a agosto, oscilou de 13,5° C a 30,6° C e a umidade relativa externa oscilou de 20% a 99%.

A APO forneceu dados que poderão direcionar os projetos de arquitetura e engenharia, visando mais satisfação do usuário deste tipo de prédio.

O tipo de clima não foi levado em conta na demanda de energia elétrica usada pelo Edifício General Alencastro. Vários motivos foram responsáveis pelo desperdício de energia, especialmente, a utilização da pele de vidro refletivo na fachada, sem colocação de barreira à radiação solar, aumentando o calor interno, o uso de tecnologias menos eficientes, como as lâmpadas fluorescentes de 40 W e os reatores ultrapassados, pois a economia de 8 W em cada lâmpada, sendo ao todo 80.000 W, seria bem significativa, com o uso das lâmpadas econômicas, além dos reatores eletrônicos também mais econômicos.

O gerenciamento do uso de energia se mostrou insuficiente (ar condicionado e iluminação), pois a temperatura programada é a mesma, independente de qual orientação solar está o ambiente. Com a temperatura interna acima da temperatura de conforto, o sistema de ar condicionado necessita de maior trabalho, consumindo mais energia elétrica. A programação da iluminação é somente para ligar ou desligar as lâmpadas do setor e as lâmpadas necessitam estar acesas durante todo o dia por causa das persianas.

A falta de equipamentos “energy saver” também contribuiu para o aumento do consumo de energia e a ACEEE (1993) estima que eles economizem mais de 10% da energia elétrica em um prédio comercial.

O prédio não ofereceu as condições adequadas de conforto térmico e luminoso, apesar do controle automatizado do sistema de ar condicionado e do sistema de iluminação.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA O EDIFÍCIO GENERAL ALENCASTRO

- reduzir o consumo da iluminação por meio de alteração do projeto de iluminação dos postos de trabalho localizados junto à janela, aproveitando a iluminação natural;
- revisar a iluminação artificial, substituindo as lâmpadas fluorescentes, relocando as mesmas e substituindo os reatores instalados por reatores eletrônicos;
- integrar o projeto de iluminação natural e artificial, o que pode reduzir o consumo de energia do edifício em 30%, aproximadamente;
- evitar os ganhos externos de calor e eliminar os ganhos internos de calor nas salas;
- transferir para o usuário, individualmente, o controle das condições de conforto ambiental, associado com estudo de qualidade do ar e consumo energético;

- reduzir a temperatura interna do ar nos postos de trabalho localizados junto às janelas, pois a temperatura neste local é mais elevada do que no interior da sala;
- aumentar a quantidade e rever a distribuição dos sensores de temperatura do ar, instalando um sensor em cada sala;
- instalar sensores para gerar economia no consumo da iluminação, no consumo do resfriamento e, conseqüentemente, no consumo total do edifício comercial;
- substituir o carpete por outro material de acabamento de piso e o tecido das divisórias por outro material que não cause problemas de saúde ao usuário;
- atualizar a informatização usando equipamentos “energy saver”;
- aplicar a legislação sobre tarifa de energia, para atingir o grupo de valor reduzido;
- utilizar tecnologia atualizada (motores de alto rendimento, iluminação econômica, resfriadores eficientes e gerenciamento automatizado de todas as instalações);
- formar um banco de dados dos consumos específicos da edificação, visando gerar a base técnica para a normatização para edificações novas e existentes;
- criar a CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia) no edifício, envolvendo o engenheiro responsável pelas instalações no prédio, que é usuário, o administrador e o controlador do sistema automatizado.

Recomenda-se, ainda, para:

- revisar os lay-outs dos pavimentos-tipo para oferecer privacidade e possibilitar a personalização dos postos de trabalho;
- proibir o fumo dentro das salas de trabalho;

6.3.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS PROJETOS

- analisar a iluminação natural com vistas à obtenção de conforto visual e conservação de energia, conjuntamente;
- analisar o desempenho térmico de edificação com a mesma tipologia, com a incorporação de novas variáveis quanto à otimização do desempenho térmico, como o uso de outros materiais construtivos integrados ao vidro refletivo e novos elementos de acabamento.
- fazer parceria com escritórios de arquitetos, escolas de arquitetura / engenharia e concessionárias para simular a otimização energética dos projetos, envolvendo iluminação, ar condicionado e o vidro, utilizando laboratórios credenciados e divulgando a edificação de alta eficiência energética;
- desenvolver uma metodologia simplificada e padronizada para aplicação rápida em estudos preliminares para avaliação das economias do consumo por mês e divulgar os resultados.

6.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

- o cálculo da economia no consumo de energia, quanto aos níveis de conforto térmico com o resfriamento não foi feito, por falta de dados;
- o cálculo da economia no consumo de energia, quanto aos níveis de conforto luminoso quanto à iluminação não foi feito, por falta de dados;
- as medições foram realizadas nos meses correspondentes ao período de seca em Brasília, não tendo sido possível realizá-las nos meses de chuva;
- o levantamento de dados sobre o vento não foi realizado, por ser considerado sem importância para a edificação típica com ar condicionado central.

Referências

REFERÊNCIAS

- 1- ACEEE - *Guide to Energy Efficient Office Equipment*. Berkley, 1993.
- 2- AS.H.R.AE. *Handbook of Fundamentals*, 1993.
- 3- BLINDEX, Vidros de Segurança Ltda. *Catálogo do Vidro Laminado*. SP, 1998.
- 4- BRANTLEY, L. Reed e Ruth T. *Building Materials Technology - Structural Performance and Environmental Impact*. McGraw-Hill, Inc., New York, 1995.
- 5- CARNEIRO, Cláudia de Medeiros. *Tecnologia de Edificações - O papel de Projeto Arquitetônico na Racionalização do Consumo de Energia Elétrica na Edificação*. IPT/DED, 110, SP, 1987. p. 71 a 74.
- 6- CHICHIERCHIO, Luiz Carlos. *Controle do Ambiente em Arquitetura*. Curso de especialização por tutoria à distância. CAPES, Brasília, 1983. Módulo 8.
- 7- CHOUGH, Sungjung. *Earth-Integrated Design and its Application to Resource - Conserving Communities (Land Preservation)*. Dissertação de mestrado, Universidade da Califórnia, USA, 1992.
- 8- COMPAGNO, Andrea. *Intelligent Glass Façades: Material, Practice, Design*. Birkhäuser, Alemanha, 1996.
- 9- EMBRAPA. *Inventário Hidrogeológico do DF*, 1986.
- 10- FERREIRA, Philomena Chagas. *Alguns dados sobre o clima para a edificação em Brasília*. Tese mestrado, Universidade de Brasília, DF, 1965.

-
- 11- FROTA, Anésia Barros & SCHIFFER, Sueli Ramos. *Manual de Conforto Térmico*. Nobel, SP, 1988.
- 12- *Gerenciamento de Energia Elétrica*, encarte do curso de Gerenciamento de Energia Elétrica. ICT, SEMATEC - DF, CEB - DF. Junho, 1993 (sem autor identificado).
- 13-GIVONI, B. *Man, Climate and Architecture*. Amsterdam, London, New York, 1969.
- 14-GOMES, Rui José. *Condicionamentos Climáticos da Envolvente dos Edifícios para Habitação*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Portugal, 1962.
- 15-INMET & EMBRAPA. *Inventário Hidrogeológico do Distrito Federal*. DF, 1986.
- 16- JANDA, Kathryn B. & BUSCH, John F. *Worldwide Status of Energy Standards for Buildings*. In: Energy. Vol. 19, n.º 1. Pergamon. London, Great Britain. Pp. 27-44, 1994.
- 17- JOHNSON CONTROLES. *Eficiência Energética em Edificações Comerciais (apostila)*. 1997.
- 18-KNAUER, Virgínia & BRANSCOMB, Lewis M. *Onze formas para reduzir o consumo de energia e aumentar o conforto no interior de residências refrescadas*. Departamento de comércio dos Estados Unidos, Washington, D. C.
- 19-KOENIGSBERGER, O. H., INGERSOLL, T. G., MAYHEW, Alan, SZOKOLAY, S. V. *Viviendas y Edificios en zonas Cálidas y Tropicales*. Paraninfo S.A, Madrid, 1977.

-
- 20- LAMBERTS, Roberto, LOMARDO, Louise Land Bittencourt, AGUIAR, João Carlos & THOMÉ, Mabele Rose Vieiras. *Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte*. Procel - Eletrobrás, Rio de Janeiro, 1996.
- 21- LEITE, Brenda Chaves Coelho. *Avaliação de desempenho de edifícios de escritórios sob o ponto de vista do conforto térmico*. Msc. Em Arquitetura e Urbanismo, FAU - USP, 1997.
- 22- MASCARÓ, Lúcia R. *Energia na Edificação. Estratégia para minimizar seu Consumo*. Projeto Editores Associados Ltda., São Paulo, 1986.
- 23- McHARG. *Design with nature*. New York: Natural History Press. 1969.
- 24- MENDES, N. & LAMBERTS, Roberto. *Avanços em Simulação Térmica de Edificações*. Núcleo de Pesquisa em Construção. UFSC, 1994.
- 25- MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA. *Dados Climáticos de Brasília*, 1965.
- 26- NASCIMENTO, Cicerino Cabral do. *Clima e Morfologia Urbana em Belém*. Belém, UFPA. NUMA, 1995.
- 27- OLIVEIRA, Paulo Marcos Paiva de. *Cidade Apropriada ao Clima. A forma urbana como instrumento de controle do clima urbano*. Brasília, UNB, 1988.
- 28- OLGYAY, V. *Design with Climate*. New Jersey: Princeton University. Princeton, 1963.
- 29- ORNSTEIN, Sheila Walbe. *Avaliação Pós-ocupação aplicada em edifícios de escritórios em São Paulo: a satisfação dos usuários quanto ao conforto ambiental como critério de desempenho*. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da USP, 1997.

-
- 30- RIVERO, Roberto. *Acondicionamento Térmico Natural - Arquitetura e Clima*. D. C. Luzzato Editores Ltda., Porto Alegre, 1986.
- 31- ROCHA, Eunice. *A Luz Natural na Iluminação dos Edifícios - Parâmetro Expressivo e de Qualidade dos Ambientes*. Fonte: Anais da I Conferência Pan-Americana de Iluminação - São Paulo, 1992 (apostila). UNB, FAU, Conforto Luminoso. Brasília, 1995.
- 32- ROCHA, Eunice. *Notas de aula sobre Aspectos Físicos da Luz (apostila)*. UNB, FAU, Conforto Luminoso. Brasília, 1995.
- 33- ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*. Projeto, SP, 1988.
- 34- SANTA MARINA VITRAGE. *Climason*. SP, 1996.
- 35- SCHEIER, L. *Load Design Program - Ultra Edition, Input User's Manual*. Customer Direct Service - Network, Trane, USA.
- 36- SOUZA, M. B. *Impacto da Luz Natural no Consumo de Energia em Edificações*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC. Santa Catarina, 1995.
- 37- THOMPSON, VENTULETT & STAINBACK. *Glass for Construction*. LIBBEY OWENS, Ford Company, Atlanta, USA, 1976.
- 38- THROOP, Gary Miner. *Strategy in a Greening Environment: Supply and Demand matching in U.S. and Canadian Electricity Generation*. Dissertação de mestrado, Universidade de Massachusetts, USA, 1993.
- 39- TULUCA, Adrian. *Energy - Efficient Design and Construction for Commercial Buildings*. McGraw-Hill, Inc., USA, 1997.

- 40- *Uso Racional de Energia Elétrica em Edificação*. Encarte da Abilux, Agência para Aplicação de Energia, Eletrobrás, Procel. São Paulo, 1992 (sem autor identificado).
- 41- VILLAS BOAS, Márcio & OLIVEIRA, Paulo Marcos Paiva de. *Dimensão Ambiental do Processo de Urbanização e Conforto Luminoso (apostila)*. UNB, IAU. Brasília, Agosto, 1995.

UNB

Dezembro
1999